

**PENGARUH IMBANGAN PUPUK ORGANIK DAN PUPUK ANORGANIK  
TERHADAP EMISI GAS METANA (CH<sub>4</sub>) DI LAHAN SAWAH PALUR**

**Skripsi**

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
guna memperoleh derajat Sarjana Pertanian**

**Jurusan/Program Studi Ilmu Tanah**



**Oleh:**

**FERI ASRI**

**H 0206044**

**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA**

*commit to user*  
**2010**

## HALAMAN PENGESAHAN

### PENGARUH IMBANGAN PUPUK ORGANIK DAN PUPUK ANORGANIK TERHADAP EMISI GAS METANA (CH<sub>4</sub>) DI LAHAN SAWAH PALUR

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :

**FERI ASRI**

**H 0206044**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
pada tanggal : 29 November 2010  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Susunan Tim Penguji**

**Anggota I**

**Ketua**

**Anggota II**

**Ir. Jauhari Syamsiyah, MS**  
**NIP. 19590607 198303 2 008**

**Ir. Sumani, M. Si**  
**NIP. 19630704 198803 2 001**

**Mujiyo, SP. MP**  
**NIP. 19730810 200312 1 002**

**Surakarta, Desember 2010**

**Mengetahui,**

**Universitas Sebelas Maret Surakarta**

**Fakultas Pertanian**

**Dekan**

**Prof. Dr. Ir. H. Suntoro W. A., MS**  
**NIP. 19551217.198203.1.003**

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillahirobbil ‘alamin penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Dengan segala kerendahan hati, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. H. Suntoro WA, M.S., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta beserta staf.
2. Ir. Jauhari Syamsiyah, MS., selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis.
3. Ir. Sumani, M. Si., selaku Pembimbing Pendamping yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis.
4. Mujiyo, SP. MP, selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan evaluasi dan masukan kepada penulis.
5. Keluargaku tersayang: Bapak dan Ibu atas kesabarannya serta Kakak-kakakku tercinta atas doa dan dukungannya.
6. My team (Tata, Icha, Ida, Ade) atas semangat kalian selama penelitian, serta mas Dodo, Iqom, Demi, Baron n’ Fahmi atas bantuan kalian selama di lapang.
7. Sahabat-Sahabatku Ilmu Tanah 2006 FP UNS atas rasa kekeluargaan, bantuan, kerjasama dan dukungan selama menjadi anggota keluarga Matanem
8. Alfi, Dinar, Jul, Momon, mbak Tut dan semua penghuni WM atas canda tawa kalian yang bisa menghibur saat aku sudah sangat lelah berpikir.
9. Slamet Rianto, atas bantuan pikiran dan tenaga selama aku menyelesaikan skripsi.

Penulis berharap skripsi ini bermanfaat terutama bagi kemajuan pertanian Indonesia. Semoga hasil penelitian dapat dipelajari diterapkan sebagaimana mestinya dan ternilai sebagai pengabdian peneliti bagi pertanian Indonesia.

Surakarta, Desember 2010

*commit to user*

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
RINGKASAN .....	x
SUMMARY .....	xi
I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Perumusan Masalah.....	2
C. Tujuan Penelitian.....	2
D. Manfaat Penelitian.....	2
E. Hipotesis.....	2
II. LANDASAN TEORI.....	4
A. Tinjauan Pustaka .....	4
1. Pupuk Organik dan Anorganik .....	4
2. Tanah Sawah dan Tanaman Padi .....	7
3. Emisi Metana di Lahan Sawah .....	11
B. Kerangka Berpikir .....	20
III. METODE PENELITIAN.....	21
A. Tempat dan Waktu Penelitian .....	21
B. Bahan dan Alat .....	21
C. Rancangan Penelitian .....	22
D. Pelaksanaan Penelitian .....	22
E. Variabel Penelitian .....	25
F. Analisis Data .....	26

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
A. Karakteristik Tanah Awal .....	27
B. Analisis Pupuk Organik POESA.....	28
C. Pengaruh Perlakuan Terhadap Kondisi Tanah .....	28
1. Kandungan Bahan Organik Tanah .....	28
2. Potensial Redoks Tanah .....	30
3. pH Tanah .....	32
D. Pengaruh Perlakuan Terhadap Emisi Metana .....	33
E. Pengaruh Perlakuan Terhadap Hasil Tanaman Padi .....	35
1. Jumlah Anakan Produktif.....	35
2. Berat 1000 biji.....	37
3. Berat Gabah Saat Panen.....	38
4. Berat Gabah Kering Giling.....	39
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	41
A. Kesimpulan.....	41
B. Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA .....	42
LAMPIRAN.....	49

## DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Halaman
1.	Karakteristik Tanah Awal .....	27
2.	Hasil Analisis Pupuk Organik POESA .....	28
3.	Pengaruh Perlakuan Terhadap pH Tanah.....	32
4.	Emisi CH <sub>4</sub> , pH, Bahan Organik, Potensial Redoks.....	33
5.	Total Emisi CH <sub>4</sub> Selama 1 Musim.....	34
6.	Pengaruh Perlakuan Terhadap Jumlah Anakan Produktif.....	36
7.	Pengaruh Perlakuan Terhadap Berat 1000 Biji.....	37
8.	Pengaruh Perlakuan terhadap Berat Gabah Panen .....	38
9.	Pengaruh Perlakuan Terhadap Berat Gabah Kering Giling .....	40

**DAFTAR GAMBAR**

Nomor	Judul	Halaman
1.	Pengaruh Perlakuan terhadap Bahan Organik.....	29
2.	Hubungan Antara Perlakuan dengan Potensial Redoks .....	30





## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Rekapitulasi Daftar Analisis Variansi .....	50
2. Analisis Kandungan Unsur Hara pupuk Organik dan Pupuk anorganik .....	50
3. Jumlah anakan produktif .....	51
4. Analisis Variansi jumlah anakan produktif .....	51
5. Jumlah Anakan Total .....	52
6. Analisis Variansi Jumlah Anakan Total .....	52
7. Berat 1000 Biji .....	53
8. Analisis Variansi Berat 1000 Biji .....	53
9. Berat Gabah Panen .....	53
10. Analisis Variansi Berat Gabah Panen .....	53
11. Bobot Gabah Kering Giling .....	54
12. Analisis Variansi bobot Gabah Kering Giling .....	54
13. Emisi CH <sub>4</sub> Tanaman Berumur 25 Hari .....	54
14. Analisis Variansi Emisi CH <sub>4</sub> Tanaman Berumur 25 Hari .....	54
15. Emisi CH <sub>4</sub> Tanaman Berumur 50 Hari .....	56
16. Analisis Variansi Emisi CH <sub>4</sub> Saat Tanaman Berumur 50 Hari .....	56
17. Emisi CH <sub>4</sub> Saat Tanaman Berumur 80 Hari .....	56
18. Analisis Variansi Emisi CH <sub>4</sub> Saat Tanaman Berumur 80 Hari .....	57
19. Analisis Variansi Emisi CH <sub>4</sub> total 1 musim .....	58
20. Bahan Organik (Saat Tanaman Berumur 25 Hari) .....	59
21. Analisis Variansi Bahan Organik (Saat Tanaman berumur 25 Hari) ....	59
22. Bahan Organik (Saat Tanaman Berumur 50 Hari) .....	59
23. Analisis Variansi Bahan Organik (Saat Tanaman berumur 50 Hari) ....	59
24. Bahan Organik (Saat Tanaman Berumur 80 Hari) .....	60
25. Analisis Variansi Bahan Organik (Saat Tanaman berumur 80 Hari) ....	60
26. pH Tanah (Saat Tanaman berumur 25 Hari) .....	61
27. Analisis Variansi pH Tanah (Saat Tanaman berumur 25 Hari) .....	61
28. pH Tanah (Saat Tanaman berumur 50 Hari) .....	62



29. Analisis Variansi pH Tanah (Saat Tanaman berumur 50 Hari) .....	62
30. pH Tanah (Saat Tanaman berumur 80 Hari) .....	62
31. Analisis Variansi pH Tanah (Saat Tanaman berumur 80 Hari) .....	62
32. Suhu Tanah (Saat Tanaman berumur 25 Hari) .....	63
33. Analisis Variansi Suhu Tanah (Saat Tanaman Berumur 25 Hari) .....	63
34. Suhu Tanah (Saat Tanaman Berumur 50 Hari) .....	63
35. Analisis Variansi Suhu Tanah (Saat Tanaman Berumur 50 Hari) .....	63
36. Suhu Tanah (Saat Tanaman Berumur 80 Hari) .....	64
37. Analisis Variansi Suhu Tanah (Saat Tanaman Berumur 80 Hari) .....	64
38. Potensial Redoks (Saat Tanaman Berumur 25 Hari) .....	64
39. Analisis Variansi Potensial Redoks (Saat Tanaman Berumur 25 Hari) .....	64
40. Potensial Redoks (Saat Tanaman Berumur 50 Hari) .....	65
41. Analisis Variansi Potensial Redoks (Saat Tanaman Berumur 50 Hari) .....	65
42. Potensial Redoks (Saat Tanaman Berumur 80 Hari) .....	65
43. Analisis Variansi Potensial Redoks (Saat Tanaman Berumur 80 Hari) .....	65
44. Korelasi antara Sifat Tanah dengan Emisi Metana (25 HST) .....	66
45. Korelasi antara Sifat Tanah dengan Emisi Metana (50 HST) .....	66
46. Korelasi antara Sifat Tanah dengan Emisi Metana (80 HST) .....	66
47. N Jaringan Tanaman Saat Vegetative Maksimum .....	67
48. Analisis Variansi N Jaringan Tanaman .....	67
49. P Jaringan Tanaman Saat Vegetative Maksimum .....	67
50. Analisis Variansi P Jaringan Tanaman .....	67
51. Uji Korelasi .....	68
52. Uji Korelasi antara anakan total dengan emisi CH <sub>4</sub> 1 musim .....	68
53. Deskripsi Padi Varietas IR 64 .....	68

## RINGKASAN

Feri Asri. H 0206044. **Pengaruh Imbangan Pupuk Organik dan Pupuk Anorganik Terhadap Emisi Gas Metana ( $\text{CH}_4$ ) di Lahan Sawah Palur.** Penelitian ini bawah bimbingan Ir. Jauhari Syamsiyah, MS; Ir. Sumani, M. Si., dan Mujiyo, S.P. M.P. Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar emisi  $\text{CH}_4$  pada lahan sawah yang diperlakukan dengan berbagai kombinasi pupuk organik dan anorganik. Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Juni sampai September 2009. Penelitian ini merupakan percobaan lapangan dengan menggunakan rancangan percobaan RAKL (Rancangan Acak Kelompok Lengkap) faktorial dengan 2 faktor yaitu dosis pupuk anorganik dan dosis pupuk organik. Faktor pupuk anorganik terdiri dari 3 taraf yaitu: A0 (tanpa pupuk anorganik), A1 (Urea 150 kg/ha, SP-36 75 kg/ha, KCl 50 kg/ha, dan ZA 50 kg/ha), dan A2 (Urea 300 kg/ha, SP-36 150 kg/ha, KCl 100 kg/ha, dan ZA 100 kg/ha), sedangkan faktor dosis pupuk organik terdiri dari 3 taraf yaitu: O0 (tanpa pupuk organik), O1 (pupuk organik 1 ton/ha), dan O2 (pupuk organik 2 ton/ha). Pengambilan sampel gas  $\text{CH}_4$  di lahan sawah dilakukan tiga kali dalam satu musim tanam yaitu saat tanaman padi berumur 25 hari, 50 hari dan 80 hari. Variabel yang diukur terdiri dari: sifat tanah (pH, bahan organik, dan potensial redoks), emisi metana (25, 50, 80 HST untuk mendapatkan emisi 1 musim), serta hasil tanaman padi (jumlah anakan produktif, berat 1000 biji, berat gabah kering giling dan berat gabah panen). Analisis data menggunakan uji F pada taraf 5% (jika data normal) dan uji kruskal wallis (jika data tidak normal), uji DMR taraf 5% serta uji korelasi.

Hasil dari uji keragaman menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap total emisi metana satu musim tanam. Ada fluktuasi emisi  $\text{CH}_4$  dari umur 25, 50, dan 80 HST. Pemberian pupuk organik dan anorganik berpengaruh nyata terhadap hasil dan pertumbuhan tanaman padi (jumlah anakan produktif, berat 1000 biji, berat gabah kering giling dan berat gabah panen). Pada umur 25 HST Emisi  $\text{CH}_4$  nyata berkorelasi positif dengan bahan organik tanah ( $r=0,059^*$ ), saat 50 HST emisi  $\text{CH}_4$  nyata berkorelasi negatif dengan Eh ( $r=-0,182^*$ ), dan saat 80 HST emisi  $\text{CH}_4$  nyata berkorelasi positif dengan pH ( $r=0,112$ ). Emisi  $\text{CH}_4$  selama 1 musim tanam nyata berkorelasi positif dengan jumlah anakan total ( $r=0,233$ ).

Kata Kunci: Emisi metana, pupuk organik, pupuk anorganik, tanah sawah

## SUMMARY

Feri Asri. H 0206044. **Influence of Organic and Inorganic Fertilizers Balance on Methane Emissions (CH<sub>4</sub>) in Paddy Fields Palur**. This research is under guidance of Ir. Jauhari Syamsiah, MS; Ir. Sumani, Msi., and Mujiyo, S.P., M.P. Soil Science Majors, Agriculture Faculty, Sebelas Maret University Surakarta.

The purpose of this research is to find out how much emissions of CH<sub>4</sub> in paddy fields that treated with various combinations of organic and inorganic fertilizers. This research was conducted from June to September 2009. This research is a field experiment using the complete block randomized experimental design with 2 factors, inorganic fertilizer and organic fertilizer. Inorganic fertilizer factor consists of 3 levels, that is: A0 (without inorganic fertilizer), A1 (urea 150 kg/ ha, SP-36 75 kg/ ha, KCl 100 kg/ ha, and ZA 50 kg/ ha), and A2 (urea 300 kg/ ha, SP-36 150 kg/ ha, KCl 100 kg/ ha, and ZA 100 kg/ ha). While the organic fertilizer factor consists of 3 levels, that is: O0 (without organic fertilizer), O1 (organic fertilizer 1 ton/ ha), and O2 (organic fertilizer 2 ton/ ha). CH<sub>4</sub> gas sampling in wetland done 3 times in one growing season that is when rice plants on 25, 50, and 80 days old. Variable measured consists of : soil characteristic (pH, organic matter, and redox potential), methane emissions (25,50,80 days after planting, to get the one season emissions), and the productions of rice plant (number of productive tillers, 1000 grain weight, dry grain milled weight, and milled harvest weight). Data analysis using Variant test at level 5% (if data is normal) and Kruskal Wallis (if data is not normal), level 5% DMRT test and correlation test.

Variant test showed that the treatment did not significantly effect the total emissions of methane in one growing season. There are fluctuations in CH<sub>4</sub> emission from the age of 25, 50, and 80 days after transplanting. Organic and anorganic fertilizer significantly effect production and growth of rice plants (number of productive tillers, 1000 grain weight, dry grain milled weight, and milled harvest weight). There is a real positive correlations beetwen CH<sub>4</sub> emissions with soil organic matter ( $r=0,059^*$ ) after 25 days planting, after 50 days planting there is a real negative correlation beetwen CH<sub>4</sub> emisison with Eh ( $r=0,182^*$ ), and after 80 days planting there is a real positive correlation beetwen CH<sub>4</sub> emisison with pH ( $r=0,112^*$ ). CH<sub>4</sub> emission during one season planting actually make positive correlation with total tillers ( $r=233^*$ ).

Key words: methane emission, organic fertilizers, inorganic fertilizers, paddy soil

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Metana ( $\text{CH}_4$ ) merupakan salah satu gas rumah kaca utama yang dapat menyerap radiasi infra-merah sehingga berkontribusi terhadap fenomena pemanasan global. Kepedulian terhadap metan selain berkaitan dengan reaktivitasnya yang tinggi, juga oleh adanya peningkatan konsentrasinya secara drastis di atmosfer serta konsekuensinya terhadap peningkatan pemanasan global. Salah satu sumber emisi metan adalah praktek budidaya padi pada tanah sawah (Sudadi, 2009), karena metan diproduksi sebagai hasil antara dan hasil akhir dari berbagai proses mikrobial, seperti dekomposisi anaerobik bahan organik oleh bakteri *methanogen*. Bakteri ini hanya aktif bila kondisi tanah yang reduktif atau anoksik telah tercapai akibat penggenangan seperti yang terjadi pada tanah sawah (Zehnder dan Stumm, 1988). Saat ini penggunaan pupuk organik semakin digalakkan sejalan dengan dicanangkannya program Go Organik 2010, namun di sisi lain bahan organik diduga sebagai sumber Gas Rumah Kaca jika disertai dengan pengelolaan yang tidak tepat, sedangkan hasil penelitian di Jakenan menyatakan bahwa salah satu yang dapat menekan emisi metana adalah penggunaan pupuk anorganik (Setyanto, 2004).

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk melihat pengaruh perbedaan kultivar terhadap emisi metan (Setyanto et al, 2004), perbedaan sistem irigasi sawah terhadap emisi metan (Setyanto dan Abubakar, 2005), besar emisi metan dari cara budidaya dan berbagai varietas yang berbeda (Setyanto dan Abubakar, 2006), serta yang terbaru dari LIPI (2010) pengurangan produksi metana dengan System of Rice Intensification (SRI), namun belum banyak dilakukan penelitian mengenai pengaruh imbalan dari pupuk organik dan anorganik terhadap emisi metana. Dari dasar itulah maka perlu dilakukan suatu penelitian yang mendalam tentang emisi gas metana oleh sistem lahan sawah pada berbagai kombinasi perlakuan dosis pupuk anorganik dan organik.

*commit to user*

## B. Perumusan Masalah

Penerapan sistem pertanian organik menyebabkan penggunaan pupuk organik semakin meningkat. Di lahan sawah penggunaan pupuk organik dapat meningkatkan produksi gas metana, namun hasil penelitian mengemukakan bahwa salah satu yang dapat menekan emisi metana adalah penggunaan pupuk anorganik. Atas dasar tersebut perlu dilakukan penelitian mengenai emisi gas metana oleh lahan sawah yang diberlakukan berbagai kombinasi perlakuan dosis pupuk organik dan anorganik.

## C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mengetahui seberapa besar emisi GRK  $\text{CH}_4$  pada lahan sawah yang diperlakukan dengan berbagai kombinasi pupuk organik dan anorganik. Tujuan ini didukung dengan informasi hubungan antara emisi  $\text{CH}_4$  dengan sifat tanah dan hasil tanaman.

## D. Hipotesis

$H_0$ : imbalan pupuk organik dan pupuk anorganik tidak berpengaruh nyata terhadap emisi gas metan.

$H_i$  : imbalan pupuk organik dan pupuk anorganik berpengaruh nyata terhadap emisi gas metana

## E. Manfaat Penelitian

Dengan berhasilnya penelitian ini akan diperoleh beberapa manfaat baik bagi masyarakat langsung, pemerintah, maupun stakeholder lain sebagai berikut:

1. Dengan mengetahui besar emisi  $\text{CH}_4$  yang dihasilkan dari pemberian imbalan pupuk organik dan anorganik, kita dapat memperoleh informasi dosis pupuk organik dan anorganik yang tepat untuk diaplikasikan pada budidaya padi sawah guna memperoleh optimalisasi faktor produksi sekaligus meminimalisir emisi  $\text{CH}_4$ , khususnya di lahan sawah Palur.
2. Dengan mengetahui hubungan antara kondisi tanah dan hasil tanaman dengan emisi  $\text{CH}_4$ , kita dapat memperoleh informasi yang terkait pada



pengelolaan lahan sawah untuk mengkondisikan lahan yang dapat meminimalisir emisi  $\text{CH}_4$ .



## II. LANDASAN TEORI

### A. Tinjauan Pustaka

#### 1. Pupuk Organik dan Anorganik

Pupuk organik adalah nama kolektif untuk semua jenis bahan organik asal tanaman dan hewan yang dapat dirombak menjadi hara tersedia bagi tanaman. Dalam Permentan No.2/Pert/Hk.060/2/2006, tentang pupuk organik dan pembenah tanah, dikemukakan bahwa pupuk organik adalah pupuk yang sebagian besar atau seluruhnya terdiri atas bahan organik yang berasal dari tanaman dan atau hewan yang telah melalui proses rekayasa, dapat berbentuk padat atau cair yang digunakan mensuplai bahan organik untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Definisi tersebut menunjukkan bahwa pupuk organik lebih ditujukan kepada kandungan C-organik atau bahan organik daripada kadar haranya; nilai C-organik itulah yang menjadi pembeda dengan pupuk anorganik (Simanungkalit and Saraswati 1993).

Bahan/pupuk organik dapat berperan sebagai “pengikat” butiran primer menjadi butir sekunder tanah dalam pembentukan agregat yang mantap. Keadaan ini besar pengaruhnya terhadap porositas, penyimpanan dan penyediaan air, aerasi tanah, dan suhu tanah. Bahan organik dengan C/N tinggi seperti jerami atau sekam lebih besar pengaruhnya pada perbaikan sifat-sifat fisik tanah dibanding dengan bahan organik yang terdekomposisi seperti kompos. Pupuk organik/bahan organik memiliki fungsi kimia yang penting seperti: (1) penyediaan hara makro (N, P, K, Ca, Mg, dan S) dan mikro seperti Zn, Cu, Mo, Co, B, Mn, dan Fe, meskipun jumlahnya relatif sedikit, sehingga penggunaan bahan organik dapat mencegah kahat unsur mikro pada tanah marginal atau tanah yang telah diusahakan secara intensif dengan pemupukan yang kurang seimbang; (2) meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah; dan (3) dapat membentuk senyawa kompleks dengan ion logam yang meracuni tanaman seperti Al, Fe, dan Mn (FNCA Biofertilizer Project Group. 2006).



Pupuk organik dapat diaplikasikan dalam bentuk bahan segar atau kompos. Pemakaian pupuk organik segar memerlukan jumlah yang banyak, sulit dalam penempatannya, serta waktu dekomposisinya relatif lama. Namun dalam beberapa hal, cara ini justru sangat bermanfaat untuk konservasi tanah dan air yaitu sebagai mulsa penutup tanah. Pupuk organik yang telah dikomposkan relatif lebih kecil volumenya dan mempunyai kematangan tertentu sehingga sumber hara mudah tersedia bagi tanaman (Balittan, 2005).

Kualitas pupuk organik bergantung pada bahan dasarnya. Bahan dasar dari sisa tanaman sedikit mengandung bahan berbahaya, tetapi pupuk kandang, limbah industri dan limbah kota banyak mengandung bahan berbahaya seperti logam berat dan asam-asam organik yang dapat mencemari lingkungan. Selama proses pengomposan, bahan berbahaya ini terkonsentrasi dalam produk akhir yaitu pupuk. Karena itu perlu ada peraturan mengenai seleksi bahan dasar kompos berdasarkan kandungan bahan-bahan berbahaya (Balittan, 2005).

Pupuk anorganik atau pupuk buatan (dari senyawa anorganik) adalah pupuk yang sengaja dibuat oleh manusia dalam pabrik dan mengandung unsur hara tertentu dalam kadar tinggi. Pupuk anorganik digunakan untuk mengatasi kekurangan mineral murni dari alam yang diperlukan tumbuhan untuk hidup secara wajar. Pupuk anorganik dapat menghasilkan bulir hijau yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis (Anonim b, 2009).

Karakteristik pupuk anorganik, meliputi:

1. Hanya mengandung satu atau beberapa unsur hara, tetapi dalam jumlah banyak.
2. Tidak dapat memperbaiki struktur tanah, justru penggunaannya dalam jangka waktu panjang menyebabkan tanah menjadi keras.
3. Sering membuat tanaman rentan terhadap penyakit/hama.

4. Pupuk anorganik mudah menguap dan tercuci. Karena itu, pengaplikasian yang tidak tepat akan sia-sia karena unsure hara yang ada hilang akibat menguap atau tercuci oleh air.

(Anonim a, 2009).

Pupuk urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) mengandung 46% nitrogen (N). Karena kandungan N yang tinggi menyebabkan pupuk ini menjadi sangat higroskopis, dan pada kelembaban relatif 73% sudah mulai menarik air dan udara. Urea sangat mudah larut dalam air dan bereaksi sangat cepat, juga mudah menguap dalam bentuk ammonia (Novizan, 2003).

Pupuk Ammonium Sulfat sering dikenal dengan nama Zwavelzure amoniak (ZA). Umumnya berupa kristal putih dan hampir seluruhnya larut air. Kadang-kadang pupuk tersebut diberi warna (misalnya pink). Kadar N sekitar 20-21 % yang diperdagangkan mempunyai kemurnian sekitar 97 %. Kadar asam bebasnya maksimum 0.4 %. Sifat pupuk ini : larut air, dapat dijerap oleh koloid tanah, reaksi fisiologisnya masam, mempunyai daya mengusir Ca dari kompleks jerapan, mudah menggumpal tetapi dapat dihancurkan kembali, asam bebasnya kalau terlalu tinggi meracuni tanaman (Engelstad, 1997).

Pupuk SP-36 merupakan pupuk yang mengandung fosfat, bersifat netral sehingga tidak mempengaruhi kemasaman tanah dan terdapat dalam bentuk yang tidak mudah dilarutkan dalam air sehingga dapat disimpan cukup lama dalam kondisi penyimpanan yang baik, tidak bersifat membakar, bereaksi lambat sehingga selalu digunakan sebagai pupuk dasar dan dapat dicampur dengan pupuk urea atau pupuk ZA pada saat penggunaan. Pupuk SP-36 berbentuk butiran dan berwarna abu-abu dengan kandungan fosfat ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) sebesar 36 % dan sulfur (S) 5%. , (Anonim, 2002).

Pupuk KCl memiliki kadar hara K tinggi berkisar antara 60%-62%  $\text{K}_2\text{O}$ . Namun yang diperdagangkan hanya memiliki kadar  $\text{K}_2\text{O}$  sekitar 50%. Pupuk ini berupa butiran-butiran kecil atau berupa tepung dengan

warna putih sampai kemerah-merahan, dan lebih banyak digunakan karena harganya relatif murah (Rosmarkam dan Yuwono, 2002).

Nitrogen diserap dalam tanah berbentuk ion nitrat atau ammonium. Kemudian, di dalam tumbuhan bereaksi dengan karbon membentuk asam amino, selanjutnya berubah menjadi protein. Nitrogen termasuk unsur yang paling banyak dibutuhkan oleh tanaman karena 16-18% protein terdiri dari nitrogen. Peranan nitrogen bagi tumbuhan diantaranya mempercepat pertumbuhan tanaman, menambah tinggi tanaman, dan merangsang pertunasan, memperbaiki kualitas terutama kandungan proteinnya, menyediakan bahan makanan bagi mikroba (jasad renik) (Anonim c, 2009).

Fosforus (P) berperan dalam berbagai proses, diantaranya respirasi dan fotosintesis, penyusunan asam nukleat, pembentukan bibit tanaman dan penghasil buah, perangsang perkembangan akar, sehingga tanaman akan lebih tahan terhadap kekeringan dan mempercepat masa panen sehingga dapat mengurangi resiko keterlambatan waktu panen. Unsur tersebut diserap oleh tanaman dalam bentuk  $\text{FePO}_4$ , dan  $\text{AlPO}_4$ . Unsur fosfor diperlukan dalam jumlah lebih sedikit daripada unsur nitrogen. (Anonim c, 2009).

Fungsi kalium bagi tanaman adalah

- Mempengaruhi susunan dan mengedarkan karbohidrat di dalam tanaman.
  - Mempercepat metabolisme unsur nitrogen,
  - Mencegah bunga dan buah agar tidak mudah gugur.
- (Anonim c, 2009).

## 2. Tanah sawah dan Tanaman padi

Tanah Sawah bukan merupakan terminologi klasifikasi untuk suatu jenis tanah tertentu, melainkan istilah yang menunjukkan cara pengelolaan berbagai jenis tanah untuk budidaya padi sawah. Secara fisik, tanah sawah dicirikan oleh terbentuknya lapisan oksidatif atau aerobik di atas lapisan

reduktif atau anaerobik di bawahnya sebagai akibat penggenangan (Patrick dan Reddy, 1978; Ponnamperna, 1985).

Menurut Greenland (1997), IRRI mengklasifikasikan ekosistem tanah sawah ke dalam empat kelompok, yaitu:

- (a) Tanah sawah beririgasi (*irrigated rice ecosystem*), dicirikan oleh permukaan lahan yang datar, dibatasi oleh pematang dengan tata air terkontrol, lahan tergenang dangkal dengan kondisi tanah dominan anaerobik selama pertumbuhan tanaman dan penanaman padi dilakukan dengan pemindahan bibit pada tanah yang telah dilumpurkan.
- (b) Tanah sawah dataran tinggi (*upland rice ecosystem*), dicirikan oleh lahan datar hingga agak berombak, jarang digenangi, tanah bersifat aerobik dan penanaman padi dilakukan dengan penyebaran benih pada tanah kering atau tanpa penggenangan yang telah dibajak atau dalam keadaan lembab tanpa pelumpuran.
- (c) Tanah sawah dataran banjir air pasang (*flood-prone rice ecosystem*), dicirikan oleh permukaan lahan yang datar hingga agak berombak atau cekungan, tergenang banjir akibat air pasang selama lebih dari 10 hari berturut-turut sedalam 50-300 cm selama pertumbuhan tanaman, tanah bersifat aerobik sampai anaerobik dan penanaman padi dilakukan dengan pemindahan bibit pada tanah yang dilumpurkan atau sebar-benih pada tanah kering yang telah dibajak.
- (d) Tanah sawah tadah hujan dataran rendah (*rainfed lowland rice ecosystem*), dicirikan oleh permukaan lahan datar hingga agak berombak, dibatasi pematang, penggenangan akibat air pasang tidak kontinyu dengan kedalaman dan periode bervariasi, umumnya tidak lebih dari 50 cm selama lebih dari 10 hari berturut-turut, tanah bersifat aerobik-anaerobik berselang-seling dengan frekuensi dan periode yang bervariasi serta penanaman padi dilakukan dengan pemindahan bibit pada tanah yang telah dilumpurkan atau sebar-benih pada tanah kering yang telah dibajak atau dilumpurkan.

Perubahan-perubahan nyata yang terjadi pada tanah karena penyawahan pada garis besarnya ialah (Tejoyuwono, 1992).:

1. Tubuh tanah terbagi menjadi dua bagian, yaitu bagian atas yang berubah dan bagian bawah yang tetap sebagaimana semula.
2. Kedua bagian dibatasi secara tajam oleh suatu lapisan mampat yang terbentuk oleh tekanan bajak (plow sole) Kadang-kadang di bawah padas bajak terbentuk lapisan peralihan yang bertampakan bercak-bercak kuning-coklat-merah di dalam bahan dasar tanah berwarna kelabu.
3. Struktur bagian atas rusak menjadi lumpur karena pengolahan tanah sewaktu tanah jenuh atau kelewat jenuh air yang mendispersikan agregat-agregat tanah
4. Bagian atas bersuasana reduktif (anaerob) karena pelumpuran dan penggenangan secara malar (continous), yang berangsur atau tajam beralih menjadi suasana oksidatif (aerob) di bagian bawah tubuh tanah yang tidak terusik. Morfologi tanah bertampakan stagnoglei
5. Pada perbatasan antara bagian yang anaerob dan aerob atau pada lapisan peralihan sering terbentuk konkresi-konkresi Fe-Mn karena potensial redoks meningkat ke arah bawah yang mengendapkan Fe dan Mn yang tereluviasi dari bagian atas yang bersuasana reduktif (potensial redoks rendah). Konkresi Fe-Mn dapat menyatu membentuk lapisan Fe dan Mn yang berkonsistensi keras tetapi rapuh (brittle)

Padi termasuk dalam suku padi-padian atau Poaceae (sinonim: Graminae atau Glumiflorae). Tanaman semusim, berakar serabut; batang sangat pendek, struktur serupa batang terbentuk dari rangkaian pelepah daun yang saling menopang; daun sempurna dengan pelepah tegak, daun berbentuk lanset, warna hijau muda hingga hijau tua, berurat daun sejajar, tertutupi oleh rambut yang pendek dan jarang; bunga tersusun majemuk, tipe malai bercabang, satuan bunga disebut floret, yang terletak pada satu spikelet yang duduk pada panikula; buah tipe bulir atau kariopsis yang tidak dapat dibedakan mana buah dan bijinya, bentuk hampir bulat hingga



lonjong, ukuran 3 mm hingga 15 mm, tertutup oleh palea dan lemma yang dalam bahasa sehari-hari disebut sekam, struktur dominan adalah endospermium yang dimakan orang (Anonim, 2009) (wikipedia).

Tanaman padi merupakan tanaman semusim termasuk rumput-rumputan dengan klasifikasi sebagai berikut ;

Devisi : Spermatophyta  
Sub Devisi : Angiospermae  
Klasis : Monocotyledoneae  
Ordo : Graminales  
Famili : Gramineae  
Genus : *Oryza*  
Species : *Oryza sativa* L (Anonim, 2008).

Proses pertumbuhan tanaman padi, ada 3 stadia umum:

1. Stadia vegetatif dari perkecambahan sampai terbentuknya bulir. Pada varietas padi yang berumur pendek (120 hari) stadia ini lamanya sekitar 55 hari, sedangkan pada varietas padi berumur panjang (150 hari) lamanya sekitar 85 hari.
2. Stadia reproduktif dari terbentuknya bulir sampai pembungaan. Pada varietas berumur pendek lamanya sekitar 35 hari, sedangkan pada varietas berumur panjang sekitar 35 hari juga.
3. Stadia pembentukan gabah atau biji dari pembungaan sampai pemasakan biji. Lamanya stadia ini sekitar 30 hari, baik untuk varietas padi berumur pendek maupun berumur panjang (Sudarmo, 1991).

Karakteristik varietas tipe IR64 menurut Daradjat et al. (2001) antara lain adalah umur sedang (100–125 HSS), postur tanaman pendek sampai sedang (95–115 cm), bentuk tanaman tegak, posisi daun tegak, jumlah anakan sedang (20–25 anakan/rumpun, dengan anakan produktif 15–16 anakan/rumpun), panjang malai sedang, responsif terhadap pemupukan, tahan rebah, daya hasil agak tinggi (5–6 t/ha), tahan hama dan penyakit utama, mutu giling baik, dan rasa nasi enak. Contoh varietas tipe

IR 64 adalah Way Apo Buru (1988), Widas (1999), Ciherang (2000), Tukad Unda (2000), dan Konawe (2001).

#### 4. Emisi Metana di lahan sawah dan faktor penyebabnya

Gas Metana yang telah diproduksi oleh bakteri methanogen akan dioksidasi oleh bakteri metanotrof yang bersifat aerobik di lapisan permukaan tanah dan di zona perakaran. Bakteri ini menggunakan metan sebagai sumber energi untuk metabolisme. Sisa metan yang tidak teroksidasi dilepaskan atau diemisikan dari lapisan bawah tanah ke atmosfer melalui tiga cara, yaitu: (1) proses difusi melalui air genangan melalui; (2) gelembung gas yang terbentuk dan terlepas ke permukaan air genangan melalui mekanisme ebulisi; dan (3) gas metan yang terbentuk masuk ke dalam jaringan perakaran tanaman padi dan bergerak secara difusi dalam pembuluh aerinkima untuk selanjutnya terlepas ke atmosfer (Rennenberg et al., 1992)

Faktor-faktor yang mempengaruhi emisi metana, adalah sebagai berikut:

1. **Jenis tanah**, Selama periode 1998-2004, Loka Penelitian Pencemaran Lingkungan Pertanian (Lolintan) di Jakenan menginventarisasi emisi gas  $\text{CH}_4$  di sentra-sentra produksi padi di Jawa Tengah menemukan bahwa emisi  $\text{CH}_4$  di beberapa daerah bervariasi, tertinggi 798 kg  $\text{CH}_4$  /ha/musim, dan terendah 107 kg  $\text{CH}_4$ /ha/musim (Setyanto et al., 2004). Variasi emisi  $\text{CH}_4$  tersebut tidak hanya dipengaruhi secara signifikan oleh jenis tanah tetapi juga cara pengelolaan tanah dan tanaman yang kesemuanya ternyata mempunyai peran yang signifikan terhadap emisi metana dari lahan sawah (Setyanto et al 2004).
2. Varietas **padi**, dari penelitian peranan varietas padi dalam emisi  $\text{CH}_4$  di Jakenan Varietas Cisadane ternyata paling tinggi dalam mengemis  $\text{CH}_4$  diikuti Batang Anai, IR-64, Memberamo, Way Apo Buru, Muncul Maros, IR-36, dan yang paling rendah yaitu Dodokan (Wihardjaka et al., 1997, Wihardjaka et al., 1999, dan Setyanto et al., 2004). Hal ini



disebabkan oleh periode tumbuh yang berbeda dari varietas-varietas tersebut, sehingga suplai eksudat akar bagi bakteri metanogenik untuk pembentukan  $\text{CH}_4$  juga berbeda. Varietas Cisadane diduga memiliki kemampuan fotosintesis lebih baik dibanding varietas lain, sehingga eksudat akar berupa senyawa karbon yang mudah terdegradasi lebih banyak dihasilkan. Susunan dan jumlah akar tanaman juga sangat menentukan pembentukan eksudat akar. Semakin banyak dan merata perakaran tanaman semakin besar distribusi eksudat ke dalam lapisan tanah. Selain itu, akar padi juga mempunyai kemampuan melakukan pertukaran gas dalam rangka menjaga keseimbangan termodinamik yang dikenal dengan istilah kapasitas pengoksidasi akar (root oxidizing power). Pertukaran gas ini menyebabkan konsentrasi  $\text{O}_2$  di sekitar perakaran meningkat dan konsentrasi  $\text{CH}_4$  teroksidasi secara biologi oleh bakteri metanotropik. Diduga varietas Dodokan dan IR-36 mempunyai kapasitas pengoksidasi akar yang lebih baik dibanding varietas-varietas padi lainnya (Setyanto et al., 2004).

Tanaman padi memegang peranan penting dalam emisi gas  $\text{CH}_4$  dari lahan sawah. Diduga 90%  $\text{CH}_4$  yang dilepas dari lahan sawah ke atmosfer dipancarkan melalui tanaman dan sisanya melalui gelembung air (ebullition). Ruang udara pada pembuluh aerenkima daun, batang dan akar yang berkembang dengan baik menyebabkan pertukaran gas pada tanah tergenang berlangsung cepat. Pembuluh tersebut bertindak sebagai cerobong (chimney) bagi pelepasan  $\text{CH}_4$  ke atmosfer. Suplai  $\text{O}_2$  untuk respirasi pada akar melalui pembuluh aerenkima dan demikian pula gas-gas yang dihasilkan dari dalam tanah, seperti  $\text{CH}_4$  akan dilepaskan ke atmosfer juga melalui pembuluh yang sama untuk menjaga keseimbangan termodinamika. Mekanisme ini terjadi akibat perbedaan gradient konsentrasi antara air di sekitar akar dan ruang antar sel lisigenus pada akar dan menyebabkan  $\text{CH}_4$  terlarut di sekitar

perakaran terdifusi ke permukaan cairan akar menuju dinding sel korteks akar. Pada dinding korteks akar,  $\text{CH}_4$  terlarut akan berubah menjadi gas dan disalurkan ke batang melalui pembuluh aerenkima dan ruang antar sel lisigenus. Selanjutnya  $\text{CH}_4$  akan dilepas melalui pori-pori mikro pada pelepah daun bagian bawah (Raimbault et al, 1977; Wagatsuma et al, 1990).

Aulakh et al. (2000), dalam penelitiannya menggunakan tujuh varietas padi yang memiliki perbedaan berdasarkan: (a) tinggi tanaman (Dular, B40, dan Intan); (b) pendek dengan hasil tinggi (IR-72 dan IR-64); (c) padi tipe baru (IR-65597); dan (d) hibrida (Magat), menemukan bahwa varietas-varietas tersebut mempunyai kapasitas angkut  $\text{CH}_4$  (methane transport capacity) berbeda yang tidak hanya dipengaruhi oleh stadium tumbuh tanaman tetapi juga oleh perbedaan fisiologis dan morfologis antar varietas padi. Perbedaan kapasitas angkut metan tanaman padi terletak pada pembuluh aerenkima tanaman. Menurut Aulakh et al. (2000) varitas padi mempunyai bentuk, kerapatan, dan jumlah pembuluh aerenkima yang berbeda. Kludze et al., (1993) juga menyebutkan bahwa pembentukan pembuluh aerenkima padi itu sendiri sangat dipengaruhi oleh redoks potensial tanah di mana pada kondisi reduksi, pembentukan pembuluh aerenkima padi semakin banyak dan rapat.

Biomassa akar dan tanaman juga berpengaruh terhadap emisi  $\text{CH}_4$  terutama pada stadium awal pertumbuhan tanaman padi karena pada fase awal pertumbuhan banyak eksudat akar yang dilepas ke rizosfir sebagai hasil samping metabolisme karbon oleh tanaman. Menurut Aulakh et al., (2001), tanaman padi memiliki kemampuan berbeda dalam melepaskan eksudat akar dalam tanah. Hal ini tergantung dari efisiensi penguraian fotosintat oleh tanaman. Semakin efisien dalam mengurai fotosintat (dalam membentuk biji padi), semakin kecil eksudat akar yang dilepaskan dan emisi  $\text{CH}_4$  semakin

rendah. Dampak lain dari pengurangan pembentukan eksudat akar adalah meningkatkan produksi padi. Padi tipe baru IR-65598 dan IR-65600 mengeluarkan eksudat akar yang rendah dibanding IR-72, IR-64, IR-52, dan padi hibrida Magat (Aulakh et al, 2001). Kedua padi tipe baru tersebut memiliki potensi hasil gabah yang tinggi dibanding padi lainnya. Jumlah anakan juga merupakan faktor penentu besarnya pelepasan  $\text{CH}_4$  dari tanah sawah karena semakin banyak anakan, semakin banyak juga cerobong yang menghubungkan rizosfera dan atmosfer.

Jumlah anakan dapat meningkatkan kerapatan dan jumlah pembuluh aerenkima sehingga kapasitas angkut  $\text{CH}_4$  menjadi besar (Aulakh et al. 2000b). Varietas-varietas padi yang memiliki biomassa dan anakan rendah dapat menekan pembentukan dan pelepasan  $\text{CH}_4$  dari dalam tanah. Pengaruh varietas padi terhadap emisi  $\text{CH}_4$  juga dievaluasi di Jakenan (Setyanto et al. 2004; Wihardjaka et al. 1999, dan Wihardjaka et al. 1997). Mereka menemukan bahwa lama tumbuh tanaman juga merupakan salah satu faktor penentu tingkat emisi  $\text{CH}_4$  dari lahan sawah. Semakin lama periode tumbuh tanaman, semakin banyak eksudat dan biomassa akar yang terbentuk sehingga emisi  $\text{CH}_4$  menjadi tinggi. Eksudat dan pembusukan akar merupakan sumber karbon bagi bakteri metanogenik. Pembentukan eksudat ini erat kaitannya dengan biomas akar, dalam arti semakin banyak biomas akar, semakin banyak pula  $\text{CH}_4$  terbentuk (Setyanto et al., 2004).

3. **Teknik pengairan.** Kondisi tanah dengan penggenangan berlanjut (continuously flooded) relatif mengemisi  $\text{CH}_4$  lebih tinggi dibanding macak-macak (saturated irrigation) dan pengairan berselang (intermittent irrigation). Pengairan berselang dan penggenangan berlanjut memberi kontribusi emisi  $\text{CH}_4$  berturut-turut sebesar 77 dan 164 kg ha<sup>-1</sup> pada cara tanam pindah (Tapin), 57 dan 91 kg ha<sup>-1</sup> pada cara tabur benih langsung. Laju penekanan emisi  $\text{CH}_4$  pada cara pengairan berselang rata-rata sebesar 46,5% dibanding cara

pengairan berlanjut. Penggenangan menyebabkan Eh tanah turun, nilai pH mendekati netral dan dekomposisi bahan organik secara anaerobik berlangsung yang menyebabkan terbentuknya gas  $\text{CH}_4$ . Saat petak sawah dikeringkan pada pengairan berselang, oksigen akan terdifusi dengan cepat ke dalam tanah dan Eh tanah meningkat sehingga dekomposisi aerobik lebih dominan (Suharsih et al, 1998 dan Suharsih et al, 1999).

4. **Pupuk Anorganik.** Pemberian pupuk anorganik di lahan sawah irigasi dapat menekan emisi  $\text{CH}_4$  sekaligus meningkatkan hasil gabah, hal tersebut terlihat dari hasil penelitian oleh Setyanto (1997 dan 1998) yang menunjukkan besar emisi  $\text{CH}_4$  dari berbagai jenis pupuk dan cara pemupukan.

Tabel 1. Pengaruh Pupuk N dan Cara Pemupukan Terhadap Emisi  $\text{CH}_4$

Cara pemupukan	Jenis Pupuk					
	Urea tabur		ZA		Urea Tablet	
	Emisi $\text{CH}_4$	Hasil gabah	Emisi $\text{CH}_4$	Hasil gabah	Emisi $\text{CH}_4$	Hasil gabah
	Kg/ha	t/ha	Kg/ha	t/ha	Kg/ha	t/ha
Disebar 1x	109	4,0	99	4,6	157	6
Disebar 2x	182	5,1	175	5,6		
Disebar 3x	180	5,3	170	6,3		
Dibenam 3	152	4,6	136	4.5		
cm	209	3,0				
Tanpa N						

Sumber: Setyanto et al., 1997 dan Setyanto et al., 1998

Pemberian 90 kg N ha<sup>-1</sup> dalam bentuk ZA (Tabel 1) dengan cara disebar maupun dibenam, mampu menekan emisi sebesar rata-rata sebesar 53% dengan kenaikan hasil gabah rata-rata 34% dibanding tanpa pemupukan. Hasil gabah juga cenderung lebih tinggi pada pemberian ZA dibanding urea tabur baik dengan cara disebar maupun dibenam (Tabel 1). Petani secara umum jarang mengembalikan sisa jerami hasil panen ke dalam tanah karena cenderung digunakan untuk pakan ternak. Oleh karena itu, di lahan sawah yang intensif ditanami padi cenderung mengalami kahat S

sehingga tanggap tanaman padi pada pemberian pupuk ZA lebih baik dibanding urea tabur (Setyanto et al, 1997 dan Setyanto et al, 1998)

Pupuk ZA berperan dalam menekan emisi  $\text{CH}_4$  karena ion sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) sebagai hasil samping dari hidrolisis ZA dapat memperlambat penurunan potensi redoks tanah (Eh). Selain itu unsur S (sulfur) dalam pupuk tersebut adalah salah satu penghambat perkembangan bakteri metanogenik (Schutz et al., 1989). Jakobsen et al. (1981) dalam penelitiannya menemukan adanya persaingan antara bakteri pereduksi sulfat dengan bakteri pembentuk  $\text{CH}_4$  dalam memanfaatkan substrat atau sumber energi yang tersedia dalam tanah (senyawa organik). Persaingan antara kedua bakteri tersebut dalam memperoleh sumber energi menyebabkan pembentukan  $\text{CH}_4$  terhambat.

Urea memberi pengaruh yang berbeda dalam menekan emisi  $\text{CH}_4$ . Amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) yang diserap oleh tanaman padi akan diseimbangkan dengan pelepasan  $\text{H}^+$  di sekitar perakaran padi, hal ini menjadi penyebab turunnya kemasaman di daerah perakaran padi sehingga dapat menghambat perkembangan bakteri metanogenik.

5. ***Redoks potensial tanah***, merupakan faktor penting pengontrol pembentukan  $\text{CH}_4$ . Tahapan proses redoks yang terjadi di lahan sawah yang tergenang adalah berkurangnya kandungan oksigen tanah, reduksi  $\text{NO}_3$ ,  $\text{Mn}^{4+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{SO}_4$  dan reduksi  $\text{CO}_2$  membentuk  $\text{CH}_4$ . Bakteri metanogenik dapat bekerja optimal pada redoks potensial kurang dari -150 mV. Proses reduksi dari oksidan-oksidan tanah ini diakibatkan oleh aktivitas mikroorganisme yang berbeda; oksigen direduksi oleh mikroorganisme anaerobik, sedangkan  $\text{Mn}^{4+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$  oleh bakteri fakultatif anaerobik. Semakin kaya kandungan oksidan dalam tanah, semakin lama  $\text{CH}_4$  terbentuk dalam tanah (Ponamperuma, 1972).



6. **pH tanah.** Reaksi tanah yang penting adalah masam, netral dan alkalin. Hal ini didasarkan pada jumlah ion  $H^+$  dan  $OH^-$  dalam larutan tanah. Bila dalam larutan tanah ditemukan ion  $H^+$  lebih banyak dari  $OH^-$  maka tanah disebut masam, kondisi sebaliknya disebut alkalin. Bila konsentrasi ion  $H^+$  dan  $OH^-$  seimbang maka disebut netral. Untuk menyeragamkan pengertian, sifat reaksi tersebut dinilai berdasarkan konsentrasi ion  $H^+$  dan dinyatakan dengan sebutan pH.

Sebagian besar bakteri metanogenik adalah neutrofilik, yaitu hidup pada kisaran pH antara 6-8. Wang et al. (1993), menemukan bahwa pembentukan  $CH_4$  maksimum terjadi pada pH 6,9 hingga 7,1. Perubahan kecil pada pH akan menyebabkan menurunnya pembentukan  $CH_4$ . Pada pH di bawah 5,75 atau di atas 8,75 menyebabkan pembentukan  $CH_4$  terhambat.

7. **Suhu tanah** memegang peranan penting dalam aktivitas mikroorganisme tanah. Sebagian besar bakteri metanogenik adalah mesofilik dengan suhu optimum antara 30-40°C (Vogels et al, 1988). Yamane dan Sato (1961) menemukan bahwa pembentukan  $CH_4$  di rizosfir tertinggi dicapai pada suhu 40°C. Sedangkan menurut Holzapfel-Pschorn dan Seiler (1986) emisi  $CH_4$  dari lahan sawah meningkat dua kali lipat bila suhu tanah meningkat dari 20°C menjadi 25°C. Hal ini dibenarkan pula oleh Schutz et al. (1989).

Penggenangan diam adalah lingkungan yang cocok untuk pembentukan  $CH_4$  terutama di daerah tropis karena penggenangan diam meningkatkan suhu tanah dan suhu air di lahan sawah pada siang hari dengan kisaran 30°C hingga 40°C. Meningkatnya suhu tanah dan air disebabkan oleh efek rumah kaca di lahan tersebut dimana genangan air akan meneruskan radiasi gelombang pendek (ultra ungu) matahari ke tanah dan mengurangi pancaran gelombang panjang (infra merah) ke atas. Suhu tanah dapat meningkat hingga 40°C bila tidak ditanami. Suhu tinggi ini dapat diturunkan melalui penutupan oleh tanaman, aliran air dan hujan (Setyanto, 2004).

Sebagian besar strain bakteri metanogenik menunjukkan tingkat pembentukan  $\text{CH}_4$  optimum pada suhu  $30^\circ\text{C}$ . Ada 18 jenis bakteri metanogenik yang sudah diisolasi dari tanah, diantaranya yaitu *Methanobacterium* dan *Methanosarcina* yang umum terdapat di lahan sawah (Neue dan Scharpenseel, 1984).

8. **Substrat dan Hara.** Bakteri methanogen hanya dapat menggunakan beberapa jenis substrat sebagai sumber C dan energi, yaitu  $\text{CO}_2$ , CO, asam formik dan beberapa senyawa termetilasi seperti metanol, aasetat, trimetilamin serta dimetilsulfit (Kiene et al., 1986; Vogels et al., 1988). Oleh karena itu, bahan organik harus didekomposisikan terlebih dahulu oleh spesies-spesies mikrob melalui proses fermentasi sekuensial menjadi senyawa yang sesuai dengan kebutuhan substrat bakteri methanogen. Dengan demikian, kualitas substrat organik primer sangat menentukan laju produksi metan (Rennenberg et al., 1992)

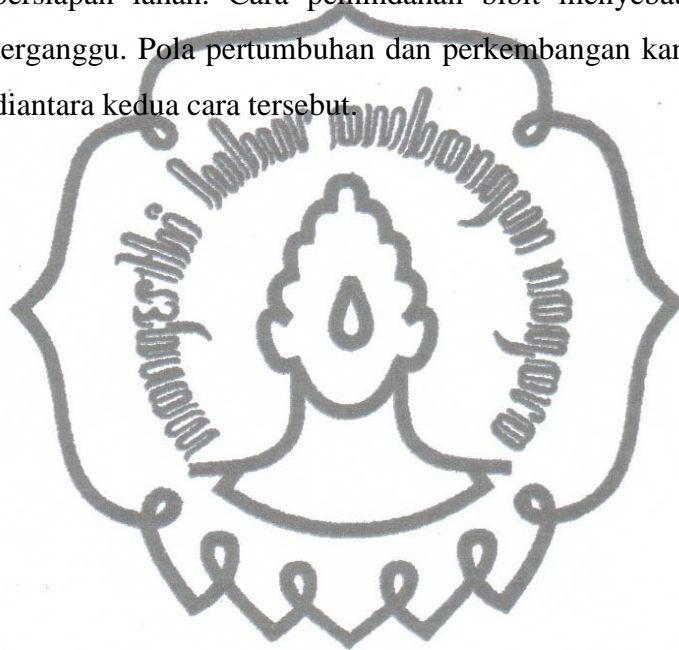
Pada umumnya, bahan organik menstimulasi produksi metan sebagai akibat peningkatan produksi fermentatif dari prekursor  $\text{CH}_4$ . Oleh karena itu, produksi metan dapat distimulasi oleh eksudasi akar atau aplikasi pupuk organik seperti jerami padi, pupuk kandang, kompos, dll (Conrad, 1989). Aplikasi bahan organik akan meningkatkan produksi metan melalui pengaruhnya terhadap penurunan Eh dan penyediaan sumber C (Schutz et al., 1990).

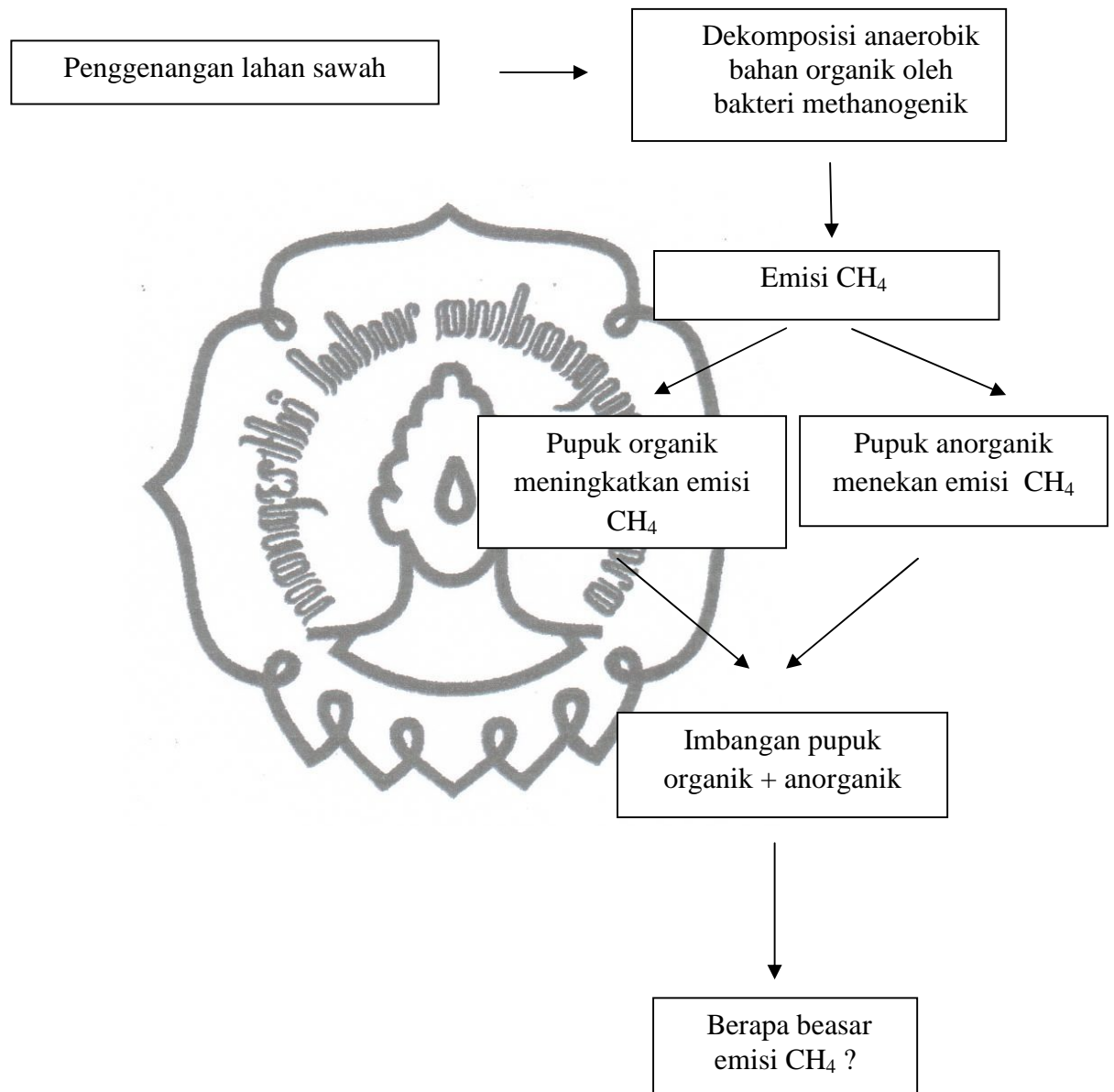
Secara umum, aplikasi senyawa organik seperti pupuk yang mengandung sulfat dan nitrat yang dapat bertindak sebagai penerima elektron sangat menghambat produksi metan (Conrad, 1989). Dalam hal aplikasi sulfat, hal ini berkaitan dengan kompetisi antara bakteri methanogen dengan bakteri pereduksi sulfat terhadap bahan organik, dimana proses ini akan lebih menghasilkan  $\text{CO}_2$  daripada  $\text{CH}_4$  (Conrad dan Schutz, 1988). Aplikasi nitrat akan menunda pembentukan metan hingga reduksi nitrat berakhir dan Eh tanah telah cukup menurun bagi berlangsungnya proses reduksi lebih lanjut.



Selain itu, nitrat juga memberikan efek toksik terhadap bakteri methanogen (Bouwman, 1990).

9. **Praktek budidaya padi**, sawah dengan cara sebar-benih menghasilkan tingkat produksi metan yang berbeda dengan cara transplantasi atau pemindahan bibit. Periode pertumbuhan pada cara sebar-benih lebih pendek dan permukaan tanah teraerasi selama 7-14 hari setelah persiapan lahan. Cara pemindahan bibit menyebabkan tanah lebih terganggu. Pola pertumbuhan dan perkembangan kanopi juga berbeda diantara kedua cara tersebut.



**B. Kerangka Berpikir**

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni sampai dengan September 2009 di lahan sawah Desa Palur, Kecamatan Mojolaban, Kabupaten Sukoharjo. Analisis pupuk dan tanah dilaksanakan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, UNS Surakarta. Analisis sampel gas emisi  $\text{CH}_4$  dilakukan di Laboratorium GRK Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Jakenan, Pati.

#### B. Bahan dan Alat

##### a. Bahan

1. Benih padi IR 64
2. Pupuk urea, SP 36, KCl dan pupuk organik
3. Pestisida
4. Khemikalia untuk analisis sampel tanah dan pupuk organik

##### b. Alat:

1. Seperangkat alat pengolah sawah
2. Alat pemeliharaan padi sawah
3. Alat tulis dan meteran
4. Timbangan
5. Bor tanah
6. pH meter
7. Potensiometer (ORP)
8. Termometer
9. Closed chamber berbahan plastik
10. Alat analisis laboratorium sampel tanah dan pupuk organik, serta sampel gas GC (gas chromatografi)

### C. Rancangan Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Rancangan penelitian menggunakan RAKL (Rancangan Acak Kelompok Lengkap) Faktorial (Steel and Torie, 1981) dengan 2 faktor:

Faktor I adalah dosis pupuk anorganik/kimia (A), yaitu:

$A_0$  : 0% dosis rekomendasi

$A_1$  : 50% dosis rekomendasi

$A_2$  : 100% dosis rekomendasi

Faktor II adalah dosis pupuk organik (O), yaitu:

$O_0$  : 0 ton/ha

$O_1$  : 1 ton/ha

$O_2$  : 2 ton/ha

Dari kedua faktor tersebut diperoleh 9 kombinasi perlakuan yang masing-masing diulang ke dalam 3 blok, yaitu:

$A_0O_0$      $A_1O_0$      $A_2O_0$

$A_0O_1$      $A_1O_1$      $A_2O_1$

$A_0O_2$      $A_1O_2$      $A_2O_2$

Dosis rekomendasi pemupukan anorganik/kimia adalah: urea 300 kg/ha, ZA 100 kg/ha, SP-36 150 kg/ha dan KCl 100 kg/ha.

### D. Pelaksanaan Penelitian

#### 1. Pengolahan Tanah

Pengolahan dilakukan dua kali, yang pertama membajak untuk memecah dan membalik tanah dan yang kedua menggaru untuk menghancurkan bongkahan-bongkahan tanah serta menghaluskan tanah sehingga terbentuk lumpur.

#### 2. Pembuatan petak-petak percobaan

Masing-masing blok dibagi menjadi 9 petak berukuran  $26 \text{ m}^2$  (4 m x 6,5 m), sesuai jumlah perlakuan secara acak, dengan pembatas berupa pematang. Saluran air masuk dirancang terisolasi antar petak perlakuan,

dibuat sepanjang blok dan air masuk ke petak perlakuan melalui pintu masing-masing.

### 3. Pembibitan

Pembibitan dilakukan pada lahan terpisah, meliputi pembuatan bedengan, menyebar benih serta pemeliharaan bibit sampai umur 21 hari

### 4. Penanaman

Penanaman dilakukan serempak dengan jarak tanam 20 cm x 20 cm, dua bibit setiap lubang

### 5. Pemupukan

- a. Pupuk anorganik dilakukan 3 kali: pemupukan pertama pada saat 10 HST ( 30% dari dosis rekomendasi), pemupukan kedua pada saat 28 HST (40% dosis rekomendasi), dan pemupukan ketiga pada saat 40 HST (30% dosis rekomendasi).
- b. Pupuk organik diberikan secara merata sebelum tanam padi setelah pengolahan tanah kedua sesuai dengan perlakuan.

### 6. Pemeliharaan

#### 1. Pengairan yang dilakukan meliputi:

- a) Setelah pemupukan N yang pertama atau berumur 3 HST
- b) Berumur 4-14 HST diairi selama 10 hari
- c) Berumur 15-30 HST sawah dikeringkan
- d) Berumur 31-34 HST di keringkan selama 3 hari dan dilakukan pemupukan N yang kedua.
- e) Pada umur 35-50 HST di airi sampai macak – macak selama 5 hari.
- f) Berumur 55 HST dilakukan penggenangan, kekurangan air pada fase ini akan mematikan anakan.
- g) Pada saat padi berumur 7-10 hari sebelum panen sawah akan di keringkan agar masak buahnya dapat serempak dan menghindari kemungkinan roboh.

#### 2. Penyulaman

Penyulaman dilakukan saat tanaman berumur 5-7 hari setelah tanam.

### 3. Pengendalian Gulma

Pengendalian gulma dilakukan dengan cara mengatur sistem irigasi yaitu dengan melakukan pengeringan dan penguasaan areal pertanian dalam waktu beberapa hari.

### 4. Pengendalian Hama Dan Penyakit Tanaman

## 7. Pengambilan sample $\text{CH}_4$

- Waktu pengambilan contoh gas dalam satu musim tanam dilakukan 3 kali sesuai dengan tahapan tumbuh tanaman (Tanaman berumur 25 hari, 50 hari, dan 80 hari).
- Boks diletakkan antara tanaman padi yang akan diambil contoh gasnya dengan posisi rata dan terjaga agar gas yang tertampung dalam boks tidak bocor. Boks yang digunakan disesuaikan dengan umur tanaman. Setiap boks akan terisi sekitar empat tanaman padi apabila mempunyai jarak tanam 20x20 cm.
- Boks diletakkan antara tanaman padi lebih dahulu tanpa penutup boks dan dibiarkan terbuka minimal 5 menit untuk menstabilkan konsentrasi gas  $\text{CH}_4$  di dalam boks.
- Penutup boks diletakkan di atas badan pada waktu yang bersamaan, dan thermometer diletakkan pada lubang yang telah tersedia di bagian atas boks. Bersamaan dengan diletakkannya penutup boks, dimulai juga penghitungan waktu pengambilan contoh gasnya.
- Contoh gas diambil pada menit ke 5, 10, 15, dan 20 dengan menyuntikkan jarum suntik yang dipasang tegak lurus pada rubber septum. Suhu dalam boks dicatat satu kali dalam sekali waktu pengambilan contoh gas.
- Saat pengambilan contoh gas juga bersamaan dengan pengukuran potensial redoks tanah dan pH tanah

## 8. Analisis emisi $\text{CH}_4$

Contoh gas segera dibawa ke laboratorium untuk dianalisis emisi gas  $\text{CH}_4$ -nya. Di sini gas  $\text{CH}_4$  dianalisis di laboratorium GRK Balai Penelitian lingkungan Jakenan, Pati. *commit to user*



## 9. Pemanenan

Pemanenan dilakukan pada saat isi gabah sudah keras, warna daun bendera dan malai sudah kuning, dan batang malai sudah mengering.

## E. Variabel Penelitian

### 1. Sifat pupuk organik

#### a. Pupuk organik

- 1) Bahan organik dengan metode Walkey and Black
- 2) C/N rasio
- 3) N total dengan metode Khjedhal
- 4) P total dengan metode HCL 25%
- 5) K total dengan metode HCL 25%

#### b. Pupuk anorganik : Urea (kadar N), ZA (Kadar N), SP 36 (Kadar P), KCl (Kadar K).

### 2. Sifat Tanah Awal

- a. pH H<sub>2</sub>O (pH meter) perbandingan tanah:aquadest = 1:2,5
- b. KPK dengan ekstrak NH<sub>4</sub>OAc pH 7,0
- c. Bahan Organik dengan metode Walkey and Black
- d. N total dengan metode Khjedhal
- e. P tersedia dengan metode Bray I
- f. K tersedia dengan ekstrak NH<sub>4</sub>OAc pH 7,0

### 3. Sifat Tanaman

- a. Jumlah anakan produktif (menghitung jumlah batang padi per rumpun yang menghasilkan malai saat panen)
- b. Jumlah anakan total (menghitung jumlah batang padi saat vegetatif maksimum)
- c. Berat 1000 biji (menimbang 1000 biji padi dengan timbangan digital)
- d. Berat gabah panen (menimbang gabah panen dengan timbangan)
- e. Berat gabah kering giling per petak (menimbang gabah kering giling dengan timbangan setelah setelah dioven selama 2x24 jam dengan suhu 70<sup>0</sup>C)



4. Sifat Tanah dan Emisi Gas (saat 25, 50 dan 80 HST)

- a. pH aktual (dengan pH meter)
- b. Bahan organik (Walkey and Black)
- c. potensial redoks (dengan Potensiometer)
- d. Suhu udara (dengan thermometer)
- e. Emisi gas CH<sub>4</sub>

Pengukuran emisi CH<sub>4</sub> pada masing-masing satuan percobaan dilakukan dengan teknik sungkup tertutup (*closed chamber*) berbahan plastik. Sample gas yang dilengkapi dengan Flame Ionization Detector (FID) untuk menetapkan flux-nya dalam satuan g.CH<sub>4</sub>/m<sup>2</sup>.

F. Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji F dengan taraf 95% jika data normal dan jika data tidak normal dilakukan transformasi data, jika menjadi normal dilakukan uji F, namun jika data tetap tidak normal dilakukan uji kruskal wallis. Uji lanjut Duncan (DMR) taraf 5% menggunakan, digunakan untuk membandingkan antar rerata perlakuan (Steel and Torie, 1981) dan uji korelasi.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Tinjauan Pustaka

#### 1. Pupuk Organik dan Anorganik

Pupuk organik adalah nama kolektif untuk semua jenis bahan organik asal tanaman dan hewan yang dapat dirombak menjadi hara tersedia bagi tanaman. Dalam Permentan No.2/Pert/Hk.060/2/2006, tentang pupuk organik dan pembenah tanah, dikemukakan bahwa pupuk organik adalah pupuk yang sebagian besar atau seluruhnya terdiri atas bahan organik yang berasal dari tanaman dan atau hewan yang telah melalui proses rekayasa, dapat berbentuk padat atau cair yang digunakan mensuplai bahan organik untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Definisi tersebut menunjukkan bahwa pupuk organik lebih ditujukan kepada kandungan C-organik atau bahan organik daripada kadar haranya; nilai C-organik itulah yang menjadi pembeda dengan pupuk anorganik (Simanungkalit and Saraswati 1993).

Bahan/pupuk organik dapat berperan sebagai “pengikat” butiran primer menjadi butir sekunder tanah dalam pembentukan agregat yang mantap. Keadaan ini besar pengaruhnya terhadap porositas, penyimpanan dan penyediaan air, aerasi tanah, dan suhu tanah. Bahan organik dengan C/N tinggi seperti jerami atau sekam lebih besar pengaruhnya pada perbaikan sifat-sifat fisik tanah dibanding dengan bahan organik yang terdekomposisi seperti kompos. Pupuk organik/bahan organik memiliki fungsi kimia yang penting seperti: (1) penyediaan hara makro (N, P, K, Ca, Mg, dan S) dan mikro seperti Zn, Cu, Mo, Co, B, Mn, dan Fe, meskipun jumlahnya relatif sedikit, sehingga penggunaan bahan organik dapat mencegah kahat unsur mikro pada tanah marginal atau tanah yang telah diusahakan secara intensif dengan pemupukan yang kurang seimbang; (2) meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah; dan (3) dapat membentuk senyawa kompleks dengan ion logam yang meracuni tanaman seperti Al, Fe, dan Mn (FNCA Biofertilizer Project Group. 2006).

Pupuk organik dapat diaplikasikan dalam bentuk bahan segar atau kompos. Pemakaian pupuk organik segar memerlukan jumlah yang banyak, sulit dalam penempatannya, serta waktu dekomposisinya relatif lama. Namun dalam beberapa hal, cara ini justru sangat bermanfaat untuk konservasi tanah dan air yaitu sebagai mulsa penutup tanah. Pupuk organik yang telah dikomposkan relatif lebih kecil volumenya dan mempunyai kematangan tertentu sehingga sumber hara mudah tersedia bagi tanaman (Balittan, 2005).

Kualitas pupuk organik bergantung pada bahan dasarnya. Bahan dasar dari sisa tanaman sedikit mengandung bahan berbahaya, tetapi pupuk kandang, limbah industri dan limbah kota banyak mengandung bahan berbahaya seperti logam berat dan asam-asam organik yang dapat mencemari lingkungan. Selama proses pengomposan, bahan berbahaya ini terkonsentrasi dalam produk akhir yaitu pupuk. Karena itu perlu ada peraturan mengenai seleksi bahan dasar kompos berdasarkan kandungan bahan-bahan berbahaya (Balittan, 2005).

Pupuk anorganik atau pupuk buatan (dari senyawa anorganik) adalah pupuk yang sengaja dibuat oleh manusia dalam pabrik dan mengandung unsur hara tertentu dalam kadar tinggi. Pupuk anorganik digunakan untuk mengatasi kekurangan mineral murni dari alam yang diperlukan tumbuhan untuk hidup secara wajar. Pupuk anorganik dapat menghasilkan bulir hijau yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis (Anonim b, 2009).

Karakteristik pupuk anorganik, meliputi:

1. Hanya mengandung satu atau beberapa unsur hara, tetapi dalam jumlah banyak.
2. Tidak dapat memperbaiki struktur tanah, justru penggunaannya dalam jangka waktu panjang menyebabkan tanah menjadi keras.
3. Sering membuat tanaman rentan terhadap penyakit/hama.

4. Pupuk anorganik mudah menguap dan tercuci. Karena itu, pengaplikasian yang tidak tepat akan sia-sia karena unsure hara yang ada hilang akibat menguap atau tercuci oleh air.

(Anonim a, 2009).

Pupuk urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) mengandung 46% nitrogen (N). Karena kandungan N yang tinggi menyebabkan pupuk ini menjadi sangat higroskopis, dan pada kelembaban relatif 73% sudah mulai menarik air dan udara. Urea sangat mudah larut dalam air dan bereaksi sangat cepat, juga mudah menguap dalam bentuk ammonia (Novizan, 2003).

Pupuk Ammonium Sulfat sering dikenal dengan nama Zwavelzure amoniak (ZA). Umumnya berupa kristal putih dan hampir seluruhnya larut air. Kadang-kadang pupuk tersebut diberi warna (misalnya pink). Kadar N sekitar 20-21 % yang diperdagangkan mempunyai kemurnian sekitar 97 %. Kadar asam bebasnya maksimum 0.4 %. Sifat pupuk ini : larut air, dapat dijerap oleh koloid tanah, reaksi fisiologisnya masam, mempunyai daya mengusir Ca dari kompleks jerapan, mudah menggumpal tetapi dapat dihancurkan kembali, asam bebasnya kalau terlalu tinggi meracuni tanaman (Engelstad, 1997).

Pupuk SP-36 merupakan pupuk yang mengandung fosfat, bersifat netral sehingga tidak mempengaruhi kemasaman tanah dan terdapat dalam bentuk yang tidak mudah dilarutkan dalam air sehingga dapat disimpan cukup lama dalam kondisi penyimpanan yang baik, tidak bersifat membakar, bereaksi lambat sehingga selalu digunakan sebagai pupuk dasar dan dapat dicampur dengan pupuk urea atau pupuk ZA pada saat penggunaan. Pupuk SP-36 berbentuk butiran dan berwarna abu-abu dengan kandungan fosfat ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) sebesar 36 % dan sulfur (S) 5%. , (Anonim, 2002).

Pupuk KCl memiliki kadar hara K tinggi berkisar antara 60%-62%  $\text{K}_2\text{O}$ . Namun yang diperdagangkan hanya memiliki kadar  $\text{K}_2\text{O}$  sekitar 50%. Pupuk ini berupa butiran-butiran kecil atau berupa tepung dengan

warna putih sampai kemerah-merahan, dan lebih banyak digunakan karena harganya relatif murah (Rosmarkam dan Yuwono, 2002).

Nitrogen diserap dalam tanah berbentuk ion nitrat atau ammonium. Kemudian, di dalam tumbuhan bereaksi dengan karbon membentuk asam amino, selanjutnya berubah menjadi protein. Nitrogen termasuk unsur yang paling banyak dibutuhkan oleh tanaman karena 16-18% protein terdiri dari nitrogen. Peranan nitrogen bagi tumbuhan diantaranya mempercepat pertumbuhan tanaman, menambah tinggi tanaman, dan merangsang pertunasan, memperbaiki kualitas terutama kandungan proteinnya, menyediakan bahan makanan bagi mikroba (jasad renik) (Anonim c, 2009).

Fosforus (P) berperan dalam berbagai proses, diantaranya respirasi dan fotosintesis, penyusunan asam nukleat, pembentukan bibit tanaman dan penghasil buah, perangsang perkembangan akar, sehingga tanaman akan lebih tahan terhadap kekeringan dan mempercepat masa panen sehingga dapat mengurangi resiko keterlambatan waktu panen. Unsur tersebut diserap oleh tanaman dalam bentuk  $\text{FePO}_4$ , dan  $\text{AlPO}_4$ . Unsur fosfor diperlukan dalam jumlah lebih sedikit daripada unsure nitrogen. (Anonim c, 2009).

Fungsi kalium bagi tanaman adalah

- Mempengaruhi susunan dan mengedarkan karbohidrat di dalam tanaman.
  - Mempercepat metabolisme unsur nitrogen,
  - Mencegah bunga dan buah agar tidak mudah gugur.
- (Anonim c, 2009).

## 2. Tanah sawah dan Tanaman padi

Tanah Sawah bukan merupakan terminologi klasifikasi untuk suatu jenis tanah tertentu, melainkan istilah yang menunjukkan cara pengelolaan berbagai jenis tanah untuk budidaya padi sawah. Secara fisik, tanah sawah dicirikan oleh terbentuknya lapisan oksidatif atau aerobik di atas lapisan



reduktif atau anaerobik di bawahnya sebagai akibat penggenangan (Patrick dan Reddy, 1978; Ponnamperna, 1985).

Menurut Greenland (1997), IRRI mengklasifikasikan ekosistem tanah sawah ke dalam empat kelompok, yaitu:

- (a) Tanah sawah beririgasi (*irrigated rice ecosystem*), dicirikan oleh permukaan lahan yang datar, dibatasi oleh pematang dengan tata air terkontrol, lahan tergenang dangkal dengan kondisi tanah dominan anaerobik selama pertumbuhan tanaman dan penanaman padi dilakukan dengan pemindahan bibit pada tanah yang telah dilumpurkan.
- (b) Tanah sawah dataran tinggi (*upland rice ecosystem*), dicirikan oleh lahan datar hingga agak berombak, jarang digenangi, tanah bersifat aerobik dan penanaman padi dilakukan dengan penyebaran benih pada tanah kering atau tanpa penggenangan yang telah dibajak atau dalam keadaan lembab tanpa pelumpuran.
- (c) Tanah sawah dataran banjir air pasang (*flood-prone rice ecosystem*), dicirikan oleh permukaan lahan yang datar hingga agak berombak atau cekungan, tergenang banjir akibat air pasang selama lebih dari 10 hari berturut-turut sedalam 50-300 cm selama pertumbuhan tanaman, tanah bersifat aerobik sampai anaerobik dan penanaman padi dilakukan dengan pemindahan bibit pada tanah yang dilumpurkan atau sebar-benih pada tanah kering yang telah dibajak.
- (d) Tanah sawah tadah hujan dataran rendah (*rainfed lowland rice ecosystem*), dicirikan oleh permukaan lahan datar hingga agak berombak, dibatasi pematang, penggenangan akibat air pasang tidak kontinyu dengan kedalaman dan periode bervariasi, umumnya tidak lebih dari 50 cm selama lebih dari 10 hari berturut-turut, tanah bersifat aerobik-anaerobik berselang-seling dengan frekuensi dan periode yang bervariasi serta penanaman padi dilakukan dengan pemindahan bibit pada tanah yang telah dilumpurkan atau sebar-benih pada tanah kering yang telah dibajak atau dilumpurkan.



Perubahan-perubahan nyata yang terjadi pada tanah karena penyawahan pada garis besarnya ialah (Tejoyuwono, 1992).:

1. Tubuh tanah terbagi menjadi dua bagian, yaitu bagian atas yang berubah dan bagian bawah yang tetap sebagaimana semula.
2. Kedua bagian dibatasi secara tajam oleh suatu lapisan mampat yang terbentuk oleh tekanan bajak (plow sole) Kadang-kadang di bawah padas bajak terbentuk lapisan peralihan yang bertampakan bercak-bercak kuning-coklat-merah di dalam bahan dasar tanah berwarna kelabu.
3. Struktur bagian atas rusak menjadi lumpur karena pengolahan tanah sewaktu tanah jenuh atau kelewat jenuh air yang mendispersikan agregat-agregat tanah
4. Bagian atas bersuasana reduktif (anaerob) karena pelumpuran dan penggenangan secara malar (continous), yang berangsur atau tajam beralih menjadi suasana oksidatif (aerob) di bagian bawah tubuh tanah yang tidak terusik. Morfologi tanah bertampakan stagnoglei
5. Pada perbatasan antara bagian yang anaerob dan aerob atau pada lapisan peralihan sering terbentuk konkresi-konkresi Fe-Mn karena potensial redoks meningkat ke arah bawah yang mengendapkan Fe dan Mn yang tereluviasi dari bagian atas yang bersuasana reduktif (potensial redoks rendah). Konkresi Fe-Mn dapat menyatu membentuk lapisan Fe dan Mn yang berkonsistensi keras tetapi rapuh (brittle)

Padi termasuk dalam suku padi-padian atau Poaceae (sinonim: Graminae atau Glumiflorae). Tanaman semusim, berakar serabut; batang sangat pendek, struktur serupa batang terbentuk dari rangkaian pelepah daun yang saling menopang; daun sempurna dengan pelepah tegak, daun berbentuk lanset, warna hijau muda hingga hijau tua, berurat daun sejajar, tertutupi oleh rambut yang pendek dan jarang; bunga tersusun majemuk, tipe malai bercabang, satuan bunga disebut floret, yang terletak pada satu spikelet yang duduk pada panikula; buah tipe bulir atau kariopsis yang tidak dapat dibedakan mana buah dan bijinya, bentuk hampir bulat hingga

lonjong, ukuran 3 mm hingga 15 mm, tertutup oleh palea dan lemma yang dalam bahasa sehari-hari disebut sekam, struktur dominan adalah endospermium yang dimakan orang (Anonim, 2009) (wikipedia).

Tanaman padi merupakan tanaman semusim termasuk rumput-rumputan dengan klasifikasi sebagai berikut ;

Devisi : Spermatophyta  
Sub Devisi : Angiospermae  
Klasis : Monocotyledoneae  
Ordo : Graminales  
Famili : Gramineae  
Genus : *Oryza*  
Species : *Oryza sativa* L (Anonim, 2008).

Proses pertumbuhan tanaman padi, ada 3 stadia umum:

1. Stadia vegetatif dari perkecambahan sampai terbentuknya bulir. Pada varietas padi yang berumur pendek (120 hari) stadia ini lamanya sekitar 55 hari, sedangkan pada varietas padi berumur panjang (150 hari) lamanya sekitar 85 hari.
2. Stadia reproduktif dari terbentuknya bulir sampai pembungaan. Pada varietas berumur pendek lamanya sekitar 35 hari, sedangkan pada varietas berumur panjang sekitar 35 hari juga.
3. Stadia pembentukan gabah atau biji dari pembungaan sampai pemasakan biji. Lamanya stadia ini sekitar 30 hari, baik untuk varietas padi berumur pendek maupun berumur panjang (Sudarmo, 1991).

Karakteristik varietas tipe IR64 menurut Daradjat et al. (2001) antara lain adalah umur sedang (100–125 HSS), postur tanaman pendek sampai sedang (95–115 cm), bentuk tanaman tegak, posisi daun tegak, jumlah anakan sedang (20–25 anakan/rumpun, dengan anakan produktif 15–16 anakan/rumpun), panjang malai sedang, responsif terhadap pemupukan, tahan rebah, daya hasil agak tinggi (5–6 t/ha), tahan hama dan penyakit utama, mutu giling baik, dan rasa nasi enak. Contoh varietas tipe

IR 64 adalah Way Apo Buru (1988), Widas (1999), Ciherang (2000), Tukad Unda (2000), dan Konawe (2001).

#### 4. Emisi Metana di lahan sawah dan faktor penyebabnya

Gas Metana yang telah diproduksi oleh bakteri methanogen akan dioksidasi oleh bakteri metanotrof yang bersifat aerobik di lapisan permukaan tanah dan di zona perakaran. Bakteri ini menggunakan metan sebagai sumber energi untuk metabolisme. Sisa metan yang tidak teroksidasi dilepaskan atau diemisikan dari lapisan bawah tanah ke atmosfer melalui tiga cara, yaitu: (1) proses difusi melalui air genangan melalui; (2) gelembung gas yang terbentuk dan terlepas ke permukaan air genangan melalui mekanisme ebulisi; dan (3) gas metan yang terbentuk masuk ke dalam jaringan perakaran tanaman padi dan bergerak secara difusi dalam pembuluh aerinkima untuk selanjutnya terlepas ke atmosfer (Rennenberg et al., 1992)

Faktor-faktor yang mempengaruhi emisi metana, adalah sebagai berikut:

1. **Jenis tanah**, Selama periode 1998-2004, Loka Penelitian Pencemaran Lingkungan Pertanian (Lolintan) di Jakenan menginventarisasi emisi gas  $\text{CH}_4$  di sentra-sentra produksi padi di Jawa Tengah menemukan bahwa emisi  $\text{CH}_4$  di beberapa daerah bervariasi, tertinggi 798 kg  $\text{CH}_4$  /ha/musim, dan terendah 107 kg  $\text{CH}_4$ /ha/musim (Setyanto et al., 2004). Variasi emisi  $\text{CH}_4$  tersebut tidak hanya dipengaruhi secara signifikan oleh jenis tanah tetapi juga cara pengelolaan tanah dan tanaman yang kesemuanya ternyata mempunyai peran yang signifikan terhadap emisi metana dari lahan sawah (Setyanto et al 2004).
2. Varietas **padi**, dari penelitian peranan varietas padi dalam emisi  $\text{CH}_4$  di Jakenan Varietas Cisadane ternyata paling tinggi dalam mengemis  $\text{CH}_4$  diikuti Batang Anai, IR-64, Memberamo, Way Apo Buru, Muncul Maros, IR-36, dan yang paling rendah yaitu Dodokan (Wihardjaka et al., 1997, Wihardjaka et al., 1999, dan Setyanto et al., 2004). Hal ini

disebabkan oleh periode tumbuh yang berbeda dari varietas-varietas tersebut, sehingga suplai eksudat akar bagi bakteri metanogenik untuk pembentukan  $\text{CH}_4$  juga berbeda. Varietas Cisadane diduga memiliki kemampuan fotosintesis lebih baik dibanding varietas lain, sehingga eksudat akar berupa senyawa karbon yang mudah terdegradasi lebih banyak dihasilkan. Susunan dan jumlah akar tanaman juga sangat menentukan pembentukan eksudat akar. Semakin banyak dan merata perakaran tanaman semakin besar distribusi eksudat ke dalam lapisan tanah. Selain itu, akar padi juga mempunyai kemampuan melakukan pertukaran gas dalam rangka menjaga keseimbangan termodinamik yang dikenal dengan istilah kapasitas pengoksidasi akar (root oxidizing power). Pertukaran gas ini menyebabkan konsentrasi  $\text{O}_2$  di sekitar perakaran meningkat dan konsentrasi  $\text{CH}_4$  teroksidasi secara biologi oleh bakteri metanotropik. Diduga varietas Dodokan dan IR-36 mempunyai kapasitas pengoksidasi akar yang lebih baik dibanding varietas-varietas padi lainnya (Setyanto et al., 2004).

Tanaman padi memegang peranan penting dalam emisi gas  $\text{CH}_4$  dari lahan sawah. Diduga 90%  $\text{CH}_4$  yang dilepas dari lahan sawah ke atmosfer dipancarkan melalui tanaman dan sisanya melalui gelembung air (ebullition). Ruang udara pada pembuluh aerenkima daun, batang dan akar yang berkembang dengan baik menyebabkan pertukaran gas pada tanah tergenang berlangsung cepat. Pembuluh tersebut bertindak sebagai cerobong (chimney) bagi pelepasan  $\text{CH}_4$  ke atmosfer. Suplai  $\text{O}_2$  untuk respirasi pada akar melalui pembuluh aerenkima dan demikian pula gas-gas yang dihasilkan dari dalam tanah, seperti  $\text{CH}_4$  akan dilepaskan ke atmosfer juga melalui pembuluh yang sama untuk menjaga keseimbangan termodinamika. Mekanisme ini terjadi akibat perbedaan gradient konsentrasi antara air di sekitar akar dan ruang antar sel lisigenus pada akar dan menyebabkan  $\text{CH}_4$  terlarut di sekitar

perakaran terdifusi ke permukaan cairan akar menuju dinding sel korteks akar. Pada dinding korteks akar,  $\text{CH}_4$  terlarut akan berubah menjadi gas dan disalurkan ke batang melalui pembuluh aerenkima dan ruang antar sel lisigenus. Selanjutnya  $\text{CH}_4$  akan dilepas melalui pori-pori mikro pada pelepah daun bagian bawah (Raimbault et al, 1977; Wagatsuma et al, 1990).

Aulakh et al. (2000), dalam penelitiannya menggunakan tujuh varietas padi yang memiliki perbedaan berdasarkan: (a) tinggi tanaman (Dular, B40, dan Intan); (b) pendek dengan hasil tinggi (IR-72 dan IR-64); (c) padi tipe baru (IR-65597); dan (d) hibrida (Magat), menemukan bahwa varietas-varietas tersebut mempunyai kapasitas angkut  $\text{CH}_4$  (methane transport capacity) berbeda yang tidak hanya dipengaruhi oleh stadium tumbuh tanaman tetapi juga oleh perbedaan fisiologis dan morfologis antar varietas padi. Perbedaan kapasitas angkut metan tanaman padi terletak pada pembuluh aerenkima tanaman. Menurut Aulakh et al. (2000) varitas padi mempunyai bentuk, kerapatan, dan jumlah pembuluh aerenkima yang berbeda. Kludze et al., (1993) juga menyebutkan bahwa pembentukan pembuluh aerenkima padi itu sendiri sangat dipengaruhi oleh redoks potensial tanah di mana pada kondisi reduksi, pembentukan pembuluh aerenkima padi semakin banyak dan rapat.

Biomassa akar dan tanaman juga berpengaruh terhadap emisi  $\text{CH}_4$  terutama pada stadium awal pertumbuhan tanaman padi karena pada fase awal pertumbuhan banyak eksudat akar yang dilepas ke rizosfir sebagai hasil samping metabolisme karbon oleh tanaman. Menurut Aulakh et al., (2001), tanaman padi memiliki kemampuan berbeda dalam melepaskan eksudat akar dalam tanah. Hal ini tergantung dari efisiensi penguraian fotosintat oleh tanaman. Semakin efisien dalam mengurai fotosintat (dalam membentuk biji padi), semakin kecil eksudat akar yang dilepaskan dan emisi  $\text{CH}_4$  semakin



rendah. Dampak lain dari pengurangan pembentukan eksudat akar adalah meningkatkan produksi padi. Padi tipe baru IR-65598 dan IR-65600 mengeluarkan eksudat akar yang rendah dibanding IR-72, IR-64, IR-52, dan padi hibrida Magat (Aulakh et al, 2001). Kedua padi tipe baru tersebut memiliki potensi hasil gabah yang tinggi dibanding padi lainnya. Jumlah anakan juga merupakan faktor penentu besarnya pelepasan  $\text{CH}_4$  dari tanah sawah karena semakin banyak anakan, semakin banyak juga cerobong yang menghubungkan rizosfera dan atmosfer.

Jumlah anakan dapat meningkatkan kerapatan dan jumlah pembuluh aerenkima sehingga kapasitas angkut  $\text{CH}_4$  menjadi besar (Aulakh et al. 2000b). Varietas-varietas padi yang memiliki biomassa dan anakan rendah dapat menekan pembentukan dan pelepasan  $\text{CH}_4$  dari dalam tanah. Pengaruh varietas padi terhadap emisi  $\text{CH}_4$  juga dievaluasi di Jakenan (Setyanto et al. 2004; Wihardjaka et al. 1999, dan Wihardjaka et al. 1997). Mereka menemukan bahwa lama tumbuh tanaman juga merupakan salah satu faktor penentu tingkat emisi  $\text{CH}_4$  dari lahan sawah. Semakin lama periode tumbuh tanaman, semakin banyak eksudat dan biomassa akar yang terbentuk sehingga emisi  $\text{CH}_4$  menjadi tinggi. Eksudat dan pembusukan akar merupakan sumber karbon bagi bakteri metanogenik. Pembentukan eksudat ini erat kaitannya dengan biomas akar, dalam arti semakin banyak biomas akar, semakin banyak pula  $\text{CH}_4$  terbentuk (Setyanto et al., 2004).

3. **Teknik pengairan.** Kondisi tanah dengan penggenangan berlanjut (continuously flooded) relatif mengemisi  $\text{CH}_4$  lebih tinggi dibanding macak-macak (saturated irrigation) dan pengairan berselang (intermittent irrigation). Pengairan berselang dan penggenangan berlanjut memberi kontribusi emisi  $\text{CH}_4$  berturut-turut sebesar 77 dan 164 kg ha<sup>-1</sup> pada cara tanam pindah (Tapin), 57 dan 91 kg ha<sup>-1</sup> pada cara tabur benih langsung. Laju penekanan emisi  $\text{CH}_4$  pada cara pengairan berselang rata-rata sebesar 46,5% dibanding cara



pengairan berlanjut. Penggenangan menyebabkan Eh tanah turun, nilai pH mendekati netral dan dekomposisi bahan organik secara anaerobik berlangsung yang menyebabkan terbentuknya gas  $\text{CH}_4$ . Saat petak sawah dikeringkan pada pengairan berselang, oksigen akan terdifusi dengan cepat ke dalam tanah dan Eh tanah meningkat sehingga dekomposisi aerobik lebih dominan (Suharsih et al, 1998 dan Suharsih et al, 1999).

4. **Pupuk Anorganik.** Pemberian pupuk anorganik di lahan sawah irigasi dapat menekan emisi  $\text{CH}_4$  sekaligus meningkatkan hasil gabah, hal tersebut terlihat dari hasil penelitian oleh Setyanto (1997 dan 1998) yang menunjukkan besar emisi  $\text{CH}_4$  dari berbagai jenis pupuk dan cara pemupukan.

Tabel 1. Pengaruh Pupuk N dan Cara Pemupukan Terhadap Emisi  $\text{CH}_4$

Cara pemupukan	Jenis Pupuk					
	Urea tabur		ZA		Urea Tablet	
	Emisi $\text{CH}_4$	Hasil gabah	Emisi $\text{CH}_4$	Hasil gabah	Emisi $\text{CH}_4$	Hasil gabah
	Kg/ha	t/ha	Kg/ha	t/ha	Kg/ha	t/ha
Disebar 1x	109	4,0	99	4,6	157	6
Disebar 2x	182	5,1	175	5,6		
Disebar 3x	180	5,3	170	6,3		
Dibenam 3	152	4,6	136	4.5		
cm	209	3,0				
Tanpa N						

Sumber: Setyanto et al., 1997 dan Setyanto et al., 1998

Pemberian 90 kg N ha<sup>-1</sup> dalam bentuk ZA (Tabel 1) dengan cara disebar maupun dibenam, mampu menekan emisi sebesar rata-rata sebesar 53% dengan kenaikan hasil gabah rata-rata 34% dibanding tanpa pemupukan. Hasil gabah juga cenderung lebih tinggi pada pemberian ZA dibanding urea tabur baik dengan cara disebar maupun dibenam (Tabel 1). Petani secara umum jarang mengembalikan sisa jerami hasil panen ke dalam tanah karena cenderung digunakan untuk pakan ternak. Oleh karena itu, di lahan sawah yang intensif ditanami padi cenderung mengalami kahat S

sehingga tanggap tanaman padi pada pemberian pupuk ZA lebih baik dibanding urea tabur (Setyanto et al, 1997 dan Setyanto et al, 1998)

Pupuk ZA berperan dalam menekan emisi  $\text{CH}_4$  karena ion sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) sebagai hasil samping dari hidrolisis ZA dapat memperlambat penurunan potensi redoks tanah (Eh). Selain itu unsur S (sulfur) dalam pupuk tersebut adalah salah satu penghambat perkembangan bakteri metanogenik (Schutz et al., 1989). Jakobsen et al. (1981) dalam penelitiannya menemukan adanya persaingan antara bakteri pereduksi sulfat dengan bakteri pembentuk  $\text{CH}_4$  dalam memanfaatkan substrat atau sumber energi yang tersedia dalam tanah (senyawa organik). Persaingan antara kedua bakteri tersebut dalam memperoleh sumber energi menyebabkan pembentukan  $\text{CH}_4$  terhambat.

Urea memberi pengaruh yang berbeda dalam menekan emisi  $\text{CH}_4$ . Amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) yang diserap oleh tanaman padi akan diseimbangkan dengan pelepasan  $\text{H}^+$  di sekitar perakaran padi, hal ini menjadi penyebab turunnya kemasaman di daerah perakaran padi sehingga dapat menghambat perkembangan bakteri metanogenik.

5. ***Redoks potensial tanah***, merupakan faktor penting pengontrol pembentukan  $\text{CH}_4$ . Tahapan proses redoks yang terjadi di lahan sawah yang tergenang adalah berkurangnya kandungan oksigen tanah, reduksi  $\text{NO}_3$ ,  $\text{Mn}^{4+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{SO}_4$  dan reduksi  $\text{CO}_2$  membentuk  $\text{CH}_4$ . Bakteri metanogenik dapat bekerja optimal pada redoks potensial kurang dari -150 mV. Proses reduksi dari oksidan-oksidan tanah ini diakibatkan oleh aktivitas mikroorganisme yang berbeda; oksigen direduksi oleh mikroorganisme anaerobik, sedangkan  $\text{Mn}^{4+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$  oleh bakteri fakultatif anaerobik. Semakin kaya kandungan oksidan dalam tanah, semakin lama  $\text{CH}_4$  terbentuk dalam tanah (Ponamperuma, 1972).

6. **pH tanah.** Reaksi tanah yang penting adalah masam, netral dan alkalin. Hal ini didasarkan pada jumlah ion  $H^+$  dan  $OH^-$  dalam larutan tanah. Bila dalam larutan tanah ditemukan ion  $H^+$  lebih banyak dari  $OH^-$  maka tanah disebut masam, kondisi sebaliknya disebut alkalin. Bila konsentrasi ion  $H^+$  dan  $OH^-$  seimbang maka disebut netral. Untuk menyeragamkan pengertian, sifat reaksi tersebut dinilai berdasarkan konsentrasi ion  $H^+$  dan dinyatakan dengan sebutan pH.

Sebagian besar bakteri metanogenik adalah neutrofilik, yaitu hidup pada kisaran pH antara 6-8. Wang et al. (1993), menemukan bahwa pembentukan  $CH_4$  maksimum terjadi pada pH 6,9 hingga 7,1. Perubahan kecil pada pH akan menyebabkan menurunnya pembentukan  $CH_4$ . Pada pH di bawah 5,75 atau di atas 8,75 menyebabkan pembentukan  $CH_4$  terhambat.

7. **Suhu tanah** memegang peranan penting dalam aktivitas mikroorganisme tanah. Sebagian besar bakteri metanogenik adalah mesofilik dengan suhu optimum antara 30-40°C (Vogels et al, 1988). Yamane dan Sato (1961) menemukan bahwa pembentukan  $CH_4$  di rizosfir tertinggi dicapai pada suhu 40°C. Sedangkan menurut Holzapfel-Pschorn dan Seiler (1986) emisi  $CH_4$  dari lahan sawah meningkat dua kali lipat bila suhu tanah meningkat dari 20°C menjadi 25°C. Hal ini dibenarkan pula oleh Schutz et al. (1989).

Penggenangan diam adalah lingkungan yang cocok untuk pembentukan  $CH_4$  terutama di daerah tropis karena penggenangan diam meningkatkan suhu tanah dan suhu air di lahan sawah pada siang hari dengan kisaran 30°C hingga 40°C. Meningkatnya suhu tanah dan air disebabkan oleh efek rumah kaca di lahan tersebut dimana genangan air akan meneruskan radiasi gelombang pendek (ultra ungu) matahari ke tanah dan mengurangi pancaran gelombang panjang (infra merah) ke atas. Suhu tanah dapat meningkat hingga 40°C bila tidak ditanami. Suhu tinggi ini dapat diturunkan melalui penutupan oleh tanaman, aliran air dan hujan (Setyanto, 2004).

Sebagian besar strain bakteri metanogenik menunjukkan tingkat pembentukan  $\text{CH}_4$  optimum pada suhu  $30^\circ\text{C}$ . Ada 18 jenis bakteri metanogenik yang sudah diisolasi dari tanah, diantaranya yaitu *Methanobacterium* dan *Methanosarcina* yang umum terdapat di lahan sawah (Neue dan Scharpenseel, 1984).

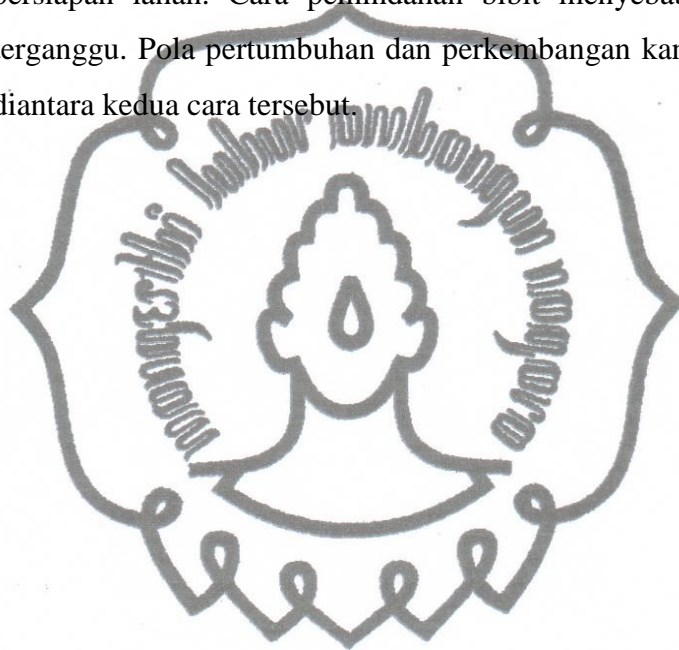
8. **Substrat dan Hara.** Bakteri methanogen hanya dapat menggunakan beberapa jenis substrat sebagai sumber C dan energi, yaitu  $\text{CO}_2$ , CO, asam formik dan beberapa senyawa termetilasi seperti metanol, aasetat, trimetilamin serta dimetilsulfit (Kiene et al., 1986; Vogels et al., 1988). Oleh karena itu, bahan organik harus didekomposisikan terlebih dahulu oleh spesies-spesies mikrob melalui proses fermentasi sekuensial menjadi senyawa yang sesuai dengan kebutuhan substrat bakteri methanogen. Dengan demikian, kualitas substrat organik primer sangat menentukan laju produksi metan (Rennenberg et al., 1992)

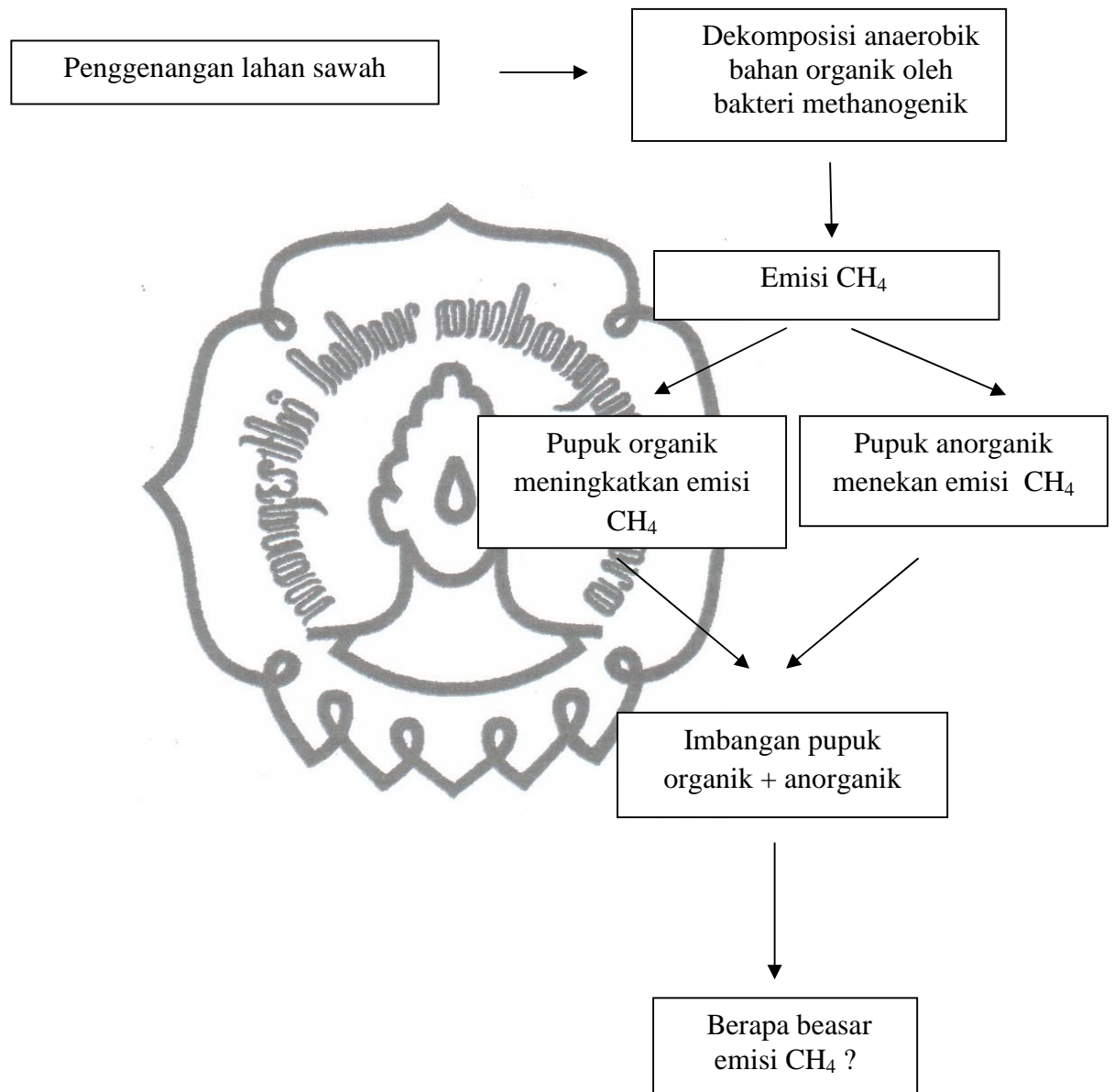
Pada umumnya, bahan organik menstimulasi produksi metan sebagai akibat peningkatan produksi fermentatif dari prekursor  $\text{CH}_4$ . Oleh karena itu, produksi metan dapat distimulasi oleh eksudasi akar atau aplikasi pupuk organik seperti jerami padi, pupuk kandang, kompos, dll (Conrad, 1989). Aplikasi bahan organik akan meningkatkan produksi metan melalui pengaruhnya terhadap penurunan Eh dan penyediaan sumber C (Schutz et al., 1990).

Secara umum, aplikasi senyawa organik seperti pupuk yang mengandung sulfat dan nitrat yang dapat bertindak sebagai penerima elektron sangat menghambat produksi metan (Conrad, 1989). Dalam hal aplikasi sulfat, hal ini berkaitan dengan kompetisi antara bakteri methanogen dengan bakteri pereduksi sulfat terhadap bahan organik, dimana proses ini akan lebih menghasilkan  $\text{CO}_2$  daripada  $\text{CH}_4$  (Conrad dan Schutz, 1988). Aplikasi nitrat akan menunda pembentukan metan hingga reduksi nitrat berakhir dan Eh tanah telah cukup menurun bagi berlangsungnya proses reduksi lebih lanjut.

Selain itu, nitrat juga memberikan efek toksik terhadap bakteri methanogen (Bouwman, 1990).

9. **Praktek budidaya padi**, sawah dengan cara sebar-benih menghasilkan tingkat produksi metan yang berbeda dengan cara transplantasi atau pemindahan bibit. Periode pertumbuhan pada cara sebar-benih lebih pendek dan permukaan tanah teraerasi selama 7-14 hari setelah persiapan lahan. Cara pemindahan bibit menyebabkan tanah lebih terganggu. Pola pertumbuhan dan perkembangan kanopi juga berbeda diantara kedua cara tersebut.



**B. Kerangka Berpikir**



### III. METODE PENELITIAN

#### A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni sampai dengan September 2009 di lahan sawah Desa Palur, Kecamatan Mojolaban, Kabupaten Sukoharjo. Analisis pupuk dan tanah dilaksanakan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, UNS Surakarta. Analisis sampel gas emisi  $\text{CH}_4$  dilakukan di Laboratorium GRK Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Jakenan, Pati.

#### B. Bahan dan Alat

##### a. Bahan

1. Benih padi IR 64
2. Pupuk urea, SP 36, KCl dan pupuk organik
3. Pestisida
4. Khemikalia untuk analisis sampel tanah dan pupuk organik

##### b. Alat:

1. Seperangkat alat pengolah sawah
2. Alat pemeliharaan padi sawah
3. Alat tulis dan meteran
4. Timbangan
5. Bor tanah
6. pH meter
7. Potensiometer (ORP)
8. Termometer
9. Closed chamber berbahan plastik
10. Alat analisis laboratorium sampel tanah dan pupuk organik, serta sampel gas GC (gas chromatografi)

### C. Rancangan Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Rancangan penelitian menggunakan RAKL (Rancangan Acak Kelompok Lengkap) Faktorial (Steel and Torie, 1981) dengan 2 faktor:

Faktor I adalah dosis pupuk anorganik/kimia (A), yaitu:

$A_0$  : 0% dosis rekomendasi

$A_1$  : 50% dosis rekomendasi

$A_2$  : 100% dosis rekomendasi

Faktor II adalah dosis pupuk organik (O), yaitu:

$O_0$  : 0 ton/ha

$O_1$  : 1 ton/ha

$O_2$  : 2 ton/ha

Dari kedua faktor tersebut diperoleh 9 kombinasi perlakuan yang masing-masing diulang ke dalam 3 blok, yaitu:

$A_0O_0$      $A_1O_0$      $A_2O_0$

$A_0O_1$      $A_1O_1$      $A_2O_1$

$A_0O_2$      $A_1O_2$      $A_2O_2$

Dosis rekomendasi pemupukan anorganik/kimia adalah: urea 300 kg/ha, ZA 100 kg/ha, SP-36 150 kg/ha dan KCl 100 kg/ha.

### D. Pelaksanaan Penelitian

#### 1. Pengolahan Tanah

Pengolahan dilakukan dua kali, yang pertama membajak untuk memecah dan membalik tanah dan yang kedua menggaru untuk menghancurkan bongkahan-bongkahan tanah serta menghaluskan tanah sehingga terbentuk lumpur.

#### 2. Pembuatan petak-petak percobaan

Masing-masing blok dibagi menjadi 9 petak berukuran  $26 \text{ m}^2$  (4 m x 6,5 m), sesuai jumlah perlakuan secara acak, dengan pembatas berupa pematang. Saluran air masuk dirancang terisolasi antar petak perlakuan,

dibuat sepanjang blok dan air masuk ke petak perlakuan melalui pintu masing-masing.

### 3. Pembibitan

Pembibitan dilakukan pada lahan terpisah, meliputi pembuatan bedengan, menyebar benih serta pemeliharaan bibit sampai umur 21 hari

### 4. Penanaman

Penanaman dilakukan serempak dengan jarak tanam 20 cm x 20 cm, dua bibit setiap lubang

### 5. Pemupukan

- a. Pupuk anorganik dilakukan 3 kali: pemupukan pertama pada saat 10 HST ( 30% dari dosis rekomendasi), pemupukan kedua pada saat 28 HST (40% dosis rekomendasi), dan pemupukan ketiga pada saat 40 HST (30% dosis rekomendasi).
- b. Pupuk organik diberikan secara merata sebelum tanam padi setelah pengolahan tanah kedua sesuai dengan perlakuan.

### 6. Pemeliharaan

#### 1. Pengairan yang dilakukan meliputi:

- a) Setelah pemupukan N yang pertama atau berumur 3 HST
- b) Berumur 4-14 HST diairi selama 10 hari
- c) Berumur 15-30 HST sawah dikeringkan
- d) Berumur 31-34 HST di keringkan selama 3 hari dan dilakukan pemupukan N yang kedua.
- e) Pada umur 35-50 HST di airi sampai macak – macak selama 5 hari.
- f) Berumur 55 HST dilakukan penggenangan, kekurangan air pada fase ini akan mematikan anakan.
- g) Pada saat padi berumur 7-10 hari sebelum panen sawah akan di keringkan agar masak buahnya dapat serempak dan menghindari kemungkinan roboh.

#### 2. Penyulaman

Penyulaman dilakukan saat tanaman berumur 5-7 hari setelah tanam.

### 3. Pengendalian Gulma

Pengendalian gulma dilakukan dengan cara mengatur sistem irigasi yaitu dengan melakukan pengeringan dan penguasaan areal pertanian dalam waktu beberapa hari.

### 4. Pengendalian Hama Dan Penyakit Tanaman

## 7. Pengambilan sample $\text{CH}_4$

- Waktu pengambilan contoh gas dalam satu musim tanam dilakukan 3 kali sesuai dengan tahapan tumbuh tanaman (Tanaman berumur 25 hari, 50 hari, dan 80 hari).
- Boks diletakkan antara tanaman padi yang akan diambil contoh gasnya dengan posisi rata dan terjaga agar gas yang tertampung dalam boks tidak bocor. Boks yang digunakan disesuaikan dengan umur tanaman. Setiap boks akan terisi sekitar empat tanaman padi apabila mempunyai jarak tanam 20x20 cm.
- Boks diletakkan antara tanaman padi lebih dahulu tanpa penutup boks dan dibiarkan terbuka minimal 5 menit untuk menstabilkan konsentrasi gas  $\text{CH}_4$  di dalam boks.
- Penutup boks diletakkan di atas badan pada waktu yang bersamaan, dan thermometer diletakkan pada lubang yang telah tersedia di bagian atas boks. Bersamaan dengan diletakkannya penutup boks, dimulai juga penghitungan waktu pengambilan contoh gasnya.
- Contoh gas diambil pada menit ke 5, 10, 15, dan 20 dengan menyuntikkan jarum suntik yang dipasang tegak lurus pada rubber septum. Suhu dalam boks dicatat satu kali dalam sekali waktu pengambilan contoh gas.
- Saat pengambilan contoh gas juga bersamaan dengan pengukuran potensial redoks tanah dan pH tanah

## 8. Analisis emisi $\text{CH}_4$

Contoh gas segera dibawa ke laboratorium untuk dianalisis emisi gas  $\text{CH}_4$ -nya. Di sini gas  $\text{CH}_4$  dianalisis di laboratorium GRK Balai Penelitian lingkungan Jakenan, Pati. *commit to user*

## 9. Pemanenan

Pemanenan dilakukan pada saat isi gabah sudah keras, warna daun bendera dan malai sudah kuning, dan batang malai sudah mengering.

## E. Variabel Penelitian

### 1. Sifat pupuk organik

#### a. Pupuk organik

- 1) Bahan organik dengan metode Walkey and Black
- 2) C/N rasio
- 3) N total dengan metode Khjedhal
- 4) P total dengan metode HCL 25%
- 5) K total dengan metode HCL 25%

#### b. Pupuk anorganik : Urea (kadar N), ZA (Kadar N), SP 36 (Kadar P), KCl (Kadar K).

### 2. Sifat Tanah Awal

- a. pH H<sub>2</sub>O (pH meter) perbandingan tanah:aquadest = 1:2,5
- b. KPK dengan ekstrak NH<sub>4</sub>OAc pH 7,0
- c. Bahan Organik dengan metode Walkey and Black
- d. N total dengan metode Khjedhal
- e. P tersedia dengan metode Bray I
- f. K tersedia dengan ekstrak NH<sub>4</sub>OAc pH 7,0

### 3. Sifat Tanaman

- a. Jumlah anakan produktif (menghitung jumlah batang padi per rumpun yang menghasilkan malai saat panen)
- b. Jumlah anakan total (menghitung jumlah batang padi saat vegetatif maksimum)
- c. Berat 1000 biji (menimbang 1000 biji padi dengan timbangan digital)
- d. Berat gabah panen (menimbang gabah panen dengan timbangan)
- e. Berat gabah kering giling per petak (menimbang gabah kering giling dengan timbangan setelah setelah dioven selama 2x24 jam dengan suhu 70<sup>0</sup>C)

4. Sifat Tanah dan Emisi Gas (saat 25, 50 dan 80 HST)

- a. pH aktual (dengan pH meter)
- b. Bahan organik (Walkey and Black)
- c. potensial redoks (dengan Potensiometer)
- d. Suhu udara (dengan thermometer)
- e. Emisi gas CH<sub>4</sub>

Pengukuran emisi CH<sub>4</sub> pada masing-masing satuan percobaan dilakukan dengan teknik sungkup tertutup (*closed chamber*) berbahan plastik. Sample gas yang dilengkapi dengan Flame Ionization Detector (FID) untuk menetapkan flux-nya dalam satuan g.CH<sub>4</sub>/m<sup>2</sup>.

F. Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji F dengan taraf 95% jika data normal dan jika data tidak normal dilakukan transformasi data, jika menjadi normal dilakukan uji F, namun jika data tetap tidak normal dilakukan uji kruskal wallis. Uji lanjut Duncan (DMR) taraf 5% menggunakan, digunakan untuk membandingkan antar rerata perlakuan (Steel and Torie, 1981) dan uji korelasi.



## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Karakteristik Tanah Awal

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini terletak di lahan sawah Desa Palur, Kecamatan Mojolaban, Kabupaten Sukoharjo. Hasil analisis laboratorium tanah awal disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Tanah Awal

No	Variabel Pengamatan	Satuan	Hasil	Harkat*
1.	pH H <sub>2</sub> O	-	5.8	Agak masam
2	C organik	%	1.98	Rendah
3	Bahan Organik	%	3.42	Sedang
4	N total	%	0.06	Sangat rendah
6	P Tersedia (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	ppm	20.27	Sedang
8	K Tersedia	Me (%)	0.16	Rendah
9	KPK	Cmol(+) kg <sup>-1</sup>	23.31	Sedang

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UNS 2009

Keterangan: \*: pengharkatan menurut Balittan (2006)

Hasil analisis laboratorium menunjukkan pH pada kondisi awal adalah 5,8 atau tergolong agak masam dan kandungan bahan organik tanah yang sedang sebesar 3,42%. Kandungan N total tanah sangat rendah yaitu 0,06%, ini berarti pemupukan N pada musim tanam sebelumnya diserap tanaman secara maksimal. P tersedia tanah termasuk sedang, mencapai 20,27 ppm. P tersedia tanah yang ada pada kisaran sedang ini menunjukkan bahwa sebagian P dalam tanah tidak tersedia bagi tanaman karena terikat oleh Al dan Fe (Roesmarkam dan Yuwono, 2002). K tersedia tanah termasuk pada kisaran rendah, hanya sebesar 0,16%, hal ini disebabkan karena fiksasi K oleh mineral liat tanah (Sutanto, 2005). Nilai Kapasitas Pertukaran Kation (KPK) termasuk sedang yaitu 23,31 Cmol(+)/kg. Untuk meningkatkan Kapasitas Pertukaran Kation (KPK) salah satunya adalah dengan peningkatan bahan organik tanah, seperti pernyataan Rosmarkam dan Yuwono (2002) bahwa bahan organik dapat meningkatkan Kapasitas Pertukaran Kation (KPK), sehingga unsur hara tidak mudah tercuci.

## B. Analisis Pupuk Organik POESA

Karakteristik dari pupuk organik POESA yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Pupuk Organik POESA

Variabel	Satuan	Hasil
C-organik	%	19,11
Bahan Organik	%	32,95
N total	%	2,39
P	%	2,34
K	%	2,15
C/N	-	8

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UNS 2009

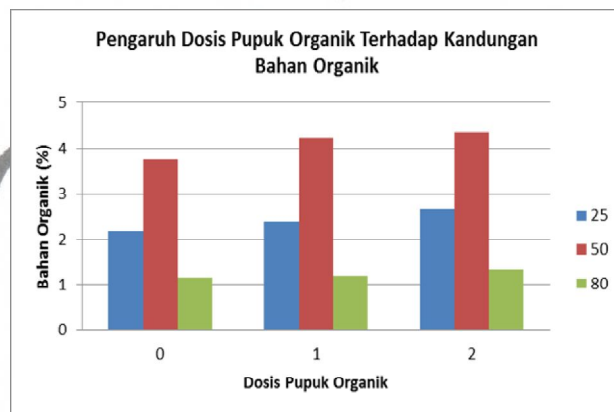
Dari hasil analisis dapat diketahui bahwa kadar C-organik dalam pupuk sebesar 19,11% dan bahan organik sebesar 32,95%. Bahan organik dari pupuk organik POESA ini akan meningkatkan bahan organik tanah. Selain itu pupuk ini mengandung N, P, K masing-masing sebesar N 2,39%, P 2,34% dan K 2,15%. Pupuk organik POESA yang digunakan dalam penelitian ini memiliki C/N ratio sebesar 8 ( $< 20$ ), sehingga pupuk organik POESA tersebut sudah matang dan siap untuk dimanfaatkan oleh tanaman. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Roesmarkam dan Yuwono (2002), bahwa pupuk organik layak digunakan apabila memiliki nilai C/N rasio sebesar  $< 20$  atau rendah.

## C. Pengaruh Perlakuan Terhadap Kondisi Tanah

### 1. Kandungan Bahan Organik

Bahan organik tanah berpengaruh positif terhadap sifat fisik, kimia, maupun biologi tanah sehingga menentukan status kesuburan suatu tanah. Sumber primer bahan organik tanah adalah jaringan organik tanaman, baik berupa daun, batang, akar, dan ranting, sedangkan sumber sekunder berupa jaringan organik fauna termasuk kotorannya. Dalam pengelolaan bahan organik tanah biasa dilakukan pemberian pupuk organik berupa pupuk kandang, kompos serta pupuk hayati (Hanafiah, 2005). Berdasarkan analisis ragam terhadap bahan

organik tanah (Lampiran 21-25) menunjukkan bahwa pada saat 25 HST, 50 HST, maupun 80 HST pupuk organik (O) mempunyai pengaruh yang nyata terhadap bahan organik tanah, sedangkan perlakuan pupuk anorganik dan interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap bahan organik tanah. Ini berarti pemberian pupuk organik POESA mampu mensuplai bahan organik dalam tanah.



Gambar 1. Pengaruh Dosis Pupuk Organik Terhadap Kandungan Bahan Organik

Dari grafik di atas dapat terlihat bahwa pemberian pupuk organik 2 ton/ha menghasilkan bahan organik tanah yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan dosis pupuk organik 1 ton/ha maupun tanpa pupuk organik, baik saat 25 HST, 50 HST, maupun 80 HST, seperti pada umur 25 HST penggunaan dosis pupuk organik 1 ton/ha mampu meningkatkan kandungan bahan organik hingga 11,1% daripada tanpa penggunaan pupuk organik, dan dosis pupuk 2 ton/ha dapat meningkatkan kandungan bahan organik 3,02% daripada dosis pupuk organik 1 ton/ha. Hal ini karena pupuk organik yang diaplikasikan tidak hanya mensuplai kandungan hara N, P, dan K namun juga sangat menunjang dalam menyumbang bahan organik tanah, sedang pupuk anorganik lebih cenderung hanya meningkatkan kandungan N, P, dan K tanah.

Bahan Organik tanah terus meningkat dari saat 25 HST hingga saat 50 HST. Saat 25 HST bahan organik tanah lebih rendah, ini

karena pupuk organik merupakan pupuk slow release (pupuk lepas terkendali) yaitu melepaskan unsur hara yang dikandungnya sedikit demi sedikit sesuai kebutuhan tanaman, sehingga saat 25 HST masih sedikit bahan organik yang dilepaskan dari pupuk organik, sedangkan pada saat 50 HST bahan organik meningkat karena bahan organik dalam pupuk organik banyak yang telah dilepaskan. Pada saat 80 HST bahan organik mengalami penurunan karena telah banyak dimanfaatkan oleh tanaman baik untuk pertumbuhan malai maupun dalam pengisian gabah.

## 2. Potensial Redoks (Eh)

Potensial redoks atau Eh merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur intensitas reduksi tanah dan mengetahui reaksi-reaksi utama yang terjadi (Sanchez, 1976). Menurut Ponnamperna (1978), nilai Eh yang tinggi dan positif menunjukkan kondisi oksidatif, sebaliknya nilai Eh yang rendah bahkan negatif menunjukkan kondisi reduktif.



Gambar 2. Hubungan Antara Perlakuan dengan Potensial redoks

Berdasarkan analisis ragam terhadap potensial redoks tanah saat 25 HST (Lampiran 39) menunjukkan bahwa pemberian pupuk anorganik (A) dan pupuk organik (O) tidak memberikan pengaruh nyata terhadap potensial redoks tanah, namun interaksi keduanya (A\*O) mempunyai pengaruh nyata terhadap potensial redoks tanah, pada perlakuan A1O1 potensial redoks tanah lebih besar dibandingkan potensial redoks pada perlakuan A1O2, hal itu karena

pada perlakuan yang menggunakan dosis pupuk organik lebih tinggi maka kandungan karbon organiknya lebih tinggi, dengan adanya karbon organik tanah yang semakin tinggi Eh tanah akan semakin rendah (Hou et al., 2000), sedangkan pada perlakuan A1O1 pengaruh bahan organik tidak dapat mengalahkan pengaruh dari pupuk anorganik yang mampu menghambat dalam penurunan potensial redoks, seperti pupuk ZA, dimana ion sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) sebagai hasil samping dari hidrolisis ZA dapat memperlambat penurunan potensial redoks tanah (Schutz et al., 1989). Saat 50 dan 80 HST perlakuan tidak berpengaruh nyata pada Eh tanah.

Potensial redoks pada 25 HST lebih tinggi dibandingkan potensial redoks 50 HST, hal tersebut karena bahan organik yang bersifat slow release, sehingga karbon organik yang dilepaskan saat 25 HST lebih rendah dari saat 50 HST dan menurut Hou et al (2000) Eh tanah akan rendah jika tersedia karbon organik tanah dalam jumlah yang cukup. Dari grafik diketahui bahwa nilai Eh pada 25 HST dan 80 HST cenderung bernilai positif karena dalam proses pemeliharaan, saat tanaman berumur 15-30 HST dan pada saat padi berumur 7-10 hari sebelum panen sawah akan dikeringkan, tanpa adanya penggenangan tersebut menyebabkan meningkatnya potensial redoks karena saat sawah dikeringkan pada pengairan berselang, oksigen akan terdifusi dengan cepat ke dalam tanah dan Eh tanah meningkat sehingga dekomposisi aerobik lebih dominan (Suharsih et al, 1998 dan Suharsih et al 1999). Sedangkan pada saat 50 HST nilai Eh cenderung negatif dimana pada pemeliharaan, pada saat umur 35-50 HST sawah diairi sampai macak-macak. Hal tersebut terjadi karena saat sawah digenangi oksigen didesak keluar. Ketika seluruh ruang pori tanah diisi air, ketersediaan oksigen dalam tanah berkurang drastis. Oksigen hanya bisa masuk melalui difusi ke dalam air dengan kecepatan 10.000 kali lebih lambat daripada difusi melalui pori-pori (Gambrell dan Patrick, 1978). Hal ini menyebabkan terjadinya



defisit oksigen, dan saat defisit oksigen tersebut, tingkat reduksi tanah akan terus menurun hingga -300 mV.

### 3. pH Tanah

Berdasarkan analisis ragam (Lampiran 26-31) diketahui bahwa perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap pH tanah baik pada pengukuran 25, 50 dan 80 HST. Tidak berpengaruhnya perlakuan terhadap pH karena antara pupuk organik dengan pupuk anorganik berlainan pengaruhnya terhadap pH tanah. Penambahan bahan organik akan mampu meningkatkan pH tanah pada tanah masam (De Datta, 1981), sedangkan pupuk anorganik yang diaplikasikan justru membantu dalam penurunan pH tanah, pupuk urea membantu dalam menurunkan pH tanah, diduga karena penyerapan  $\text{NH}_4^+$  oleh tanaman akan diikuti oleh pelepasan  $\text{H}^+$ , sehingga pH tanah di sekitar perakaran tanaman turun. Selain itu pupuk ZA selain dapat membantu dalam memperlambat penurunan potensial redoks juga dapat menurunkan pH tanah (Schutz et al., 1989)

Tabel 3. Pengaruh Perlakuan terhadap Nilai pH Tanah

Perlakuan	Umur Tanaman HST		
	25	50	80
A0O0	4,63	5,3	6,1
A0O1	4,87	5,6	5,9
A0O2	4,8	5,1	5,9
A1O0	4,97	5,7	5,5
A1O1	5,03	5,5	5,9
A1O2	4,57	5,5	5,3
A2O0	4,67	5,0	5,5
A2O1	4,67	5,4	5,2
A2O2	4,57	5,5	5,3

Saat 50 HST pH mengalami peningkatan dari saat 25 HST, ini karena pada saat 50 HST bahan organik yang dilepaskan dari pupuk organik sudah lebih banyak sehingga menyebabkan peningkatan pH tanah dan didukung pada saat umur 35-50 HST sawah diiri sampai macak-macam dan dikemukakan oleh Suharsih et al (1998 dan 1999)

bahwa kondisi tanah dengan penggenangan menyebabkan peningkatan pH hingga mendekati netral.

#### D. Pengaruh Perlakuan Terhadap Emisi Metana ( $\text{CH}_4$ )

Berdasarkan uji F (Lampiran 11-15) yang dilakukan terhadap emisi metana baik saat 25, 50 dan 80 HST menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh nyata. Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa saat 25 dan 80 HST sebagian besar konsentrasi  $\text{CH}_4$  bernilai negatif. Nilai negatif mengindikasikan tanah mampu berperan sebagai perosot (sink) (Suprihati, 2007), dan saat 50 HST sebagian besar konsentrasi  $\text{CH}_4$  bernilai positif, yang menunjukkan terjadinya pelepasan  $\text{CH}_4$  ke atmosfer (Hou et al., 2000). Adanya proses pengeringan dan penghalusan tanah sebelum tanam mengakibatkan masih adanya udara didalam tanah atau telah terjadi oksidasi (peningkatan Eh) yang dapat menghambat pembentukan  $\text{CH}_4$  dan pelepasannya ke atmosfer (Hardjowigeno, 2007)

Tabel 4. Emisi  $\text{CH}_4$  ( $\text{mg CH}_4/\text{m}^2/\text{jam}$ ), pH, Bahan Organik (BO) (%), potensial Redoks (Eh) (mV)

Perlakuan	25 HST				50 HST				80 HST			
	Emisi	BO	pH	Eh	Emisi	BO	pH	Eh	Emisi	BO	pH	Eh
A0O0	2,067	1.92	4,63	700	12,87	3,31	5,3	230	-0,22	1,1	6,1	2550
A0O1	-5,98	2.21	4,87	500	-36,7	3,81	5,6	-300	1,511	1,27	5,9	2430
A0O2	-5,99	2.43	4,8	300	35,68	4,19	5,1	-300	-0,05	1,06	5,9	2930
A1O0	-3,49	2.34	4,9	1400	47,91	4,02	5,7	200	-0,06	1,14	5,5	2400
A1O1	45,93	2.49	5	800	-24,6	4,29	5,5	-500	-0,22	1,25	5,9	2730
A1O2	-46,6	2.55	4,57	300	85,23	4,41	5,5	-100	-0,04	1,15	5,3	2870
A2O0	26,27	2.36	4,67	600	23,88	4,06	5	130	0,296	1,27	5,5	2930
A2O1	1,008	2.42	4,67	300	18,71	4,17	5,4	0	0,092	1,47	5,2	3030
A2O2	0,901	2.83	4,57	100	43,38	4,87	5,5	-600	0,163	1,24	5,3	2600

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT 5%.

Dari umur 25 HST hingga 50 HST semakin banyak gas metana yang dilepaskan ke atmosfer. Fluktuasi emisi  $\text{CH}_4$  yang semakin meningkat dari 25 ke 50 HST disebabkan oleh adanya penggenangan pada umur 50 HST yang menyebabkan peningkatan pH dan penurunan

potensial redoks (Eh). Antara pH dan potensial redoks terdapat korelasi nyata negatif yang ditunjukkan dengan nilai  $r = -0,099^*$ , yang berarti penurunan Eh akan diikuti dengan peningkatan pH, dan hal tersebut dapat memicu peningkatan emisi  $\text{CH}_4$  (Suprihati, 2006). Hal tersebut juga didukung oleh korelasi nyata negatif antara Eh dengan emisi metana saat 50 HST ( $r = -0,182^*$ ) (lampiran 43). Hal ini sesuai dengan pernyataan Suprihati (2006) dimana semakin menurunnya potensial redoks tanah dan meningkatnya pH, serta adanya substrat organik yang cukup akan semakin meningkatkan produksi  $\text{CH}_4$  oleh bakteri methanogen. Sedangkan saat 80 HST fluktuasi emisi menurun karena adanya pengeringan lahan yang mengakibatkan peningkatan Eh dan penurunan pH sehingga emisi  $\text{CH}_4$  menurun. Hal tersebut didukung oleh Eh yang berkorelasi nyata negatif dengan emisi metana ( $r = 0,112^*$ ) yang berarti bahwa penurunan pH akan diikuti oleh penurunan Emisi  $\text{CH}_4$ .

Tabel 5. Total emisi  $\text{CH}_4$  selama 1 musim (kg  $\text{CH}_4$ /ha/musim tanam)

Perlakuan	Blok			Rata-Rata
	I	II	III	
A000	173,35	269,29	-100,0	114,20
A001	-793,6	31,93	-197,4	-319,70
A002	754,21	-284,50	220,0	229,89
A100	937,68	86,6498	8,1	344,16
A101	-739,51	1343,32	-112,2	163,87
A102	376,06	-1185,60	1707,2	299,21
A200	254,63	-52,62	972,1	391,36
A201	208,47	116,17	136,5	153,71
A202	1114,81	181,93	-262,3	344,80

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT 5%.

Dari tiga kali pengamatan emisi metana yaitu saat 25, 50, dan 80 HST diperoleh hasil emisi metana total selama 1 musim (tabel 5). Uji ragam (Lampiran 19) menunjukkan bahwa perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap total emisi metana selama 1 musim tanam. Total emisi metana selama 1 musim tanam dapat dipengaruhi oleh

banyaknya jumlah anakan tanaman padi (ada korelasi nyata positif antara jumlah anakan dengan emisi  $\text{CH}_4$  ( $r= 0,233^*$ ) (lampiran 52)). Hal ini mempengaruhi pelepasan gas  $\text{CH}_4$  ke atmosfer. Tanaman padi yang memiliki biomassa dan anakan rendah dapat menekan emisi  $\text{CH}_4$  (Setyanto, 2004). Semakin banyak jumlah anakan padi, semakin banyak jumlah aerenkima, dapat memperbesar emisi  $\text{CH}_4$ , seperti antara perlakuan A0O1 dengan A0O2, jumlah anakan pada A0O1 lebih rendah dibandingkan jumlah anakan pada A0O2 (Lampiran 5) dan emisi pada A0O1 juga lebih rendah dibandingkan pada emisi  $\text{CH}_4$  A0O2.

#### **E. Pengaruh Perlakuan Terhadap Hasil Tanaman**

##### **1. Jumlah anakan produktif**

Berdasarkan analisis ragam terhadap jumlah anakan produktif (Lampiran 4) diketahui bahwa pupuk organik (O) memberikan pengaruh yang sangat nyata, sedangkan pupuk anorganik (A) dan interaksi kedua pupuk (AO) memberikan pengaruh yang nyata terhadap jumlah anakan produktif. Uji DMR 5% menunjukkan perlakuan dengan pupuk organik 1 ton/ha tanpa pupuk anorganik (A0O1) berbeda nyata dengan perlakuan pupuk anorganik 50% namun tanpa pupuk organik (A1O0). Ini berarti perlakuan tanpa pupuk organik memberikan hasil yang berbeda nyata dengan hasil bila menggunakan pupuk organik, dan juga sebaliknya, hasil perlakuan tanpa menggunakan pupuk anorganik berbeda nyata dengan hasil perlakuan menggunakan pupuk anorganik.

Tabel 8. Pengaruh Perlakuan Terhadap Jumlah Anakan Produktif (Batang)

Pupuk anorganik	Pupuk organik		
	O0	O1	O2
A0	12 a	15 b	19 f
A1	15 b	17 d	19 f
A2	18 e	16 c	19 f

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMR 5%.

Dari tabel di atas terlihat bahwa semakin tinggi dosis pupuk organik jumlah anakan produktif semakin meningkat, terlihat dari kombinasi perlakuan yang menggunakan pupuk organik lebih banyak jumlah anakan produktif lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan menggunakan pupuk organik yang lebih rendah, seperti antara perlakuan A2O1 dengan A2O2. Pupuk anorganik juga berpengaruh dalam meningkatkan jumlah anakan produktif, semakin tinggi dosis pupuk anorganik jumlah anakan produktif juga cenderung meningkat. Pupuk organik mampu mensuplai unsur hara yang dibutuhkan tanaman terutama P dimana berdasarkan uji korelasi (Lampiran 51) jumlah anakan produktif nyata berkorelasi positif dengan P jaringan tanaman ( $r=0,733^{**}$ ) dan N jaringan ( $r=0,489^{*}$ ) (Lampiran 51). Pupuk anorganik yang diberikan (Urea, SP36, KCl, dan ZA) mensuplai hara N, P, K bagi tanaman padi sampai mencapai fase generatif sehingga dengan meningkatnya P jaringan tanaman melalui pemupukan baik pupuk anorganik maupun pupuk organik yang diberikan akan meningkatkan jumlah anakan produktif, seperti yang dikemukakan oleh Aribawa et al (2009) bahwa dengan meningkatnya kadar N dan P tanaman menyebabkan peningkatan tinggi tanaman, jumlah anakan dan panjang malai, persentase gabah yang dihitung dari berat 1000 biji serta jumlah anakan produktif dan juga meningkatkan hasil gabah kering.



## 2. Berat 1000 Biji

Berat 1000 biji dapat digunakan sebagai parameter dalam menunjukkan kualitas hasil tanaman padi. Dari uji ragam (Lampiran 8) menunjukkan bahwa pemberian pupuk anorganik (A) berpengaruh sangat nyata, pupuk organik (O) dan interaksi keduanya (AO) berpengaruh nyata terhadap berat 1000 biji.

Tabel 9. Pengaruh Perlakuan Terhadap Berat 1000 Biji (gram)

Pupuk anorganik	Pupuk organik		
	O0	O1	O2
A0	24.5 a	25.9 b	26.3 c
A1	27.1 cd	27.0 cd	27.0 cd
A2	26.9 cd	26.6 c	27.9 d

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT 5%.

Berdasarkan uji DMR 5% diketahui bahwa pengaruh perlakuan A0O0 terhadap berat 1000 biji berbeda nyata dengan perlakuan A0O1 dan A0O2, dan perlakuan A1O2 juga berbeda nyata dengan perlakuan A1O0 dan A1O1 dimana perlakuan dengan dosis pupuk organik yang lebih tinggi hasil bobot 1000 bijinya lebih tinggi, dan juga terlihat dari grafik di atas bahwa pemberian 100% dosis rekomendasi pupuk anorganik (A2) memberikan berat 1000 biji yang nyata lebih tinggi dari pemberian 50% dosis anorganik (A1) dan kontrol (A0) sehingga peningkatan dosis pupuk anorganik juga mampu meningkatkan berat 1000 biji tanaman padi, yang ini berarti pupuk organik dan pupuk anorganik mampu mensuplai bahan organik dan unsur hara (N,P,K) yang dibutuhkan tanaman dalam pembentukan biji. Berat 1000 biji yang disajikan pada tabel 9 menunjukkan hasil yang lebih tinggi daripada standart berat seribu biji pada deskripsi varietas padi IR64 sebesar 24,1 gram (lampiran 53).

Uji korelasi (Lampiran 51) menunjukkan bahwa berat 1000 biji berkorelasi positif dengan P jaringan ( $r=0,733^{**}$ ). Semakin meningkatnya P jaringan akan dapat meningkatkan berat 1000 biji (Aribawa et al, 2009). Pupuk anorganik yang diberikan (Urea, SP36, KCl, dan ZA) mensuplai hara N, P, dan K tanaman padi hingga mencapai fase generatif. Unsur-unsur tersebut pada fase generatif digunakan untuk membentuk biji, sehingga dengan tersedianya unsur tersebut maka akan menentukan kualitas biji yang terbentuk. Pupuk SP36 sendiri mensuplai hara P yang dapat diserap tanaman padi untuk proses pembentukan biji (generatif). Tanaman biji-bijian yang tumbuh pada tanah-tanah yang kurang P menyebabkan pengisian biji berkurang (Winarso, 2005).

### 3. Bobot Gabah Saat Panen

Hasil analisis sidik ragam (Lampiran 15) terlihat bahwa pemberian pupuk organik dan pupuk anorganik berpengaruh sangat nyata terhadap hasil gabah saat panen, sedangkan interaksi antara pupuk organik dan pupuk anorganik berpengaruh nyata terhadap hasil gabah saat panen. Berat gabah merupakan parameter utama dan indikator dari produksi padi. Jika berat gabah meningkat maka produksi padi juga meningkat.

Tabel 10. Pengaruh pupuk organik dan pupuk anorganik terhadap berat gabah saat panen

Pupuk anorganik	Pupuk organik		
	O0	O1	O2
	ton/ha	ton/ha	ton/ha
A0	3,3 a	4,3 b	4,8 bc
A1	5,2 c	4,9 bc	4,9 bc
A2	4,9 bc	5,9 cd	6,9 d

*Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji DMR taraf 5 %*

Berdasarkan tabel 10 dapat diketahui bahwa hasil tertinggi dicapai pada perlakuan A2O2 (Urea 300 kg/ha + ZA 100 kg/ha + SP-36 150

kg/ha + KCl 100 kg/ha dan pupuk organik 2 ton/ha) sebesar 6,9 ton/ha lebih tinggi daripada standart produksi padi IR 64 pada deskripsi varietas sebesar 5 ton/ha (lampiran 53). Hal ini menunjukkan bahwa imbalan pupuk anorganik dan pupuk organik mampu meningkatkan hasil produksi padi. Menurut Setyorini (2005) imbalan pupuk anorganik dan pupuk organik mampu meningkatkan efisiensi pemupukan sehingga mampu meningkatkan produksi padi. Pengelolaan hara dapat dioptimalkan dengan pupuk organik yang telah mengalami dekomposisi sehingga hara cepat tersedia bagi tanaman. Berdasarkan uji korelasi dapat diketahui bahwa berat gabah saat panen berkorelasi positif dan memiliki hubungan erat dengan jumlah anakan produktif ( $r = 0,542$ ) (lampiran 51). Jumlah anakan produktif mempengaruhi jumlah bulir/ malai yang dihasilkan per rumpun, sehingga banyaknya jumlah anakan produktif juga akan mempengaruhi berat gabah panen, semakin banyak jumlah anakan produktif akan semakin tinggi bobot gabah.

#### 4. Bobot Gabah Kering Giling

Hasil analisis ragam (Lampiran 10) menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik (O) berpengaruh nyata dan pemberian pupuk anorganik (O) dan interaksi antara kedua pupuk (AO) berpengaruh sangat nyata terhadap berat gabah kering giling (GKG). Terlihat dari tabel 11 bahwa pengaruh antar perlakuan berbeda nyata kecuali antara perlakuan A1O1, A1O2 dan A2O0 pengaruhnya tidak berbeda nyata. Semakin besar pasokan hara akan meningkatkan serapan sehingga akan meningkatkan produksi gabah. Pupuk anorganik memasok hara dalam jumlah yang besar dan tersedia untuk tanaman, sedangkan pupuk organik mengandung asam-asam organik yang nantinya akan meningkatkan ketersediaan hara P dengan memecah ikatan Al-P, Ca-P, dan Fe-P, serta mengikat unsur N dan P

sehingga terhindar dari pencucian, kemudian akan tersedia untuk tanaman.

Tabel 11. Pengaruh Perlakuan Terhadap Berat Gabah Kering Giling (ton/ha)

Pupuk anorganik	Pupuk organik		
	O0	O1	O2
	ton/ha	ton/ha	ton/ha
A0	2,9a	3,9bc	3,6b
A1	5,6de	4,5c	4,5c
A2	4,5c	5,4d	6,7e

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMR 5%.

Dari uji korelasi (Lampiran 51) menunjukkan bahwa berat gabah kering giling nyata berkorelasi positif dengan jumlah anakan produktif ( $r=0,359^*$ ), semakin banyak anakan produktif akan meningkatkan berat gabah kering giling. Ini berarti dengan semakin banyak batang padi yang menghasilkan malai dan gabah berisi maka semakin banyak atau berat gabah yang dihasilkan (Kasniari dan Supadma, 2007).





## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

1. Interaksi pupuk organik dan anorganik berpengaruh tidak nyata terhadap emisi  $\text{CH}_4$ , demikian juga pada masing-masing faktor secara mandiri.
2. Pemberian pupuk organik dan anorganik berpengaruh nyata terhadap hasil dan pertumbuhan tanaman padi yang meliputi jumlah anakan produktif, berat 1000 biji, berat gabah panen dan berat gabah kering giling.
3. Emisi  $\text{CH}_4$  nyata berkorelasi negatif dengan Eh ( $r=0,182^*$ ) saat 50 HST yang berarti saat Eh menurun akan diikuti dengan meningkatnya emisi  $\text{CH}_4$  dan emisi nyata berkorelasi positif dengan pH ( $r=0,112^*$ ) saat 80 HST. Emisi  $\text{CH}_4$  dalam 1 musim tanam nyata berkorelasi positif dengan jumlah anakan total ( $r=0,172^*$ ), yang berarti dengan meningkatnya jumlah anakan total akan diikuti dengan meningkatnya emisi metana.

### B. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian yang sama di lokasi yang berbeda untuk mengetahui besar emisi metana yang dihasilkan yang nantinya akan menghasilkan suatu rekomendasi pemupukan yang mampu menekan emisi metana seminimal mungkin.
2. Pengambilan sampel gas  $\text{CH}_4$  di lapang sebaiknya menggunakan closed chamber berbahan pleksiglass, bukan berbahan plastik, untuk menghindari bocornya gas dari dalam boks penangkap.
3. Perlakuan A2O1 (100% pupuk anorganik dengan 1 ton/ha pupuk organik) memberikan emisi  $\text{CH}_4$  sebesar 153,71 kg/ha/MT yang masih di bawah standart toleransi emisi 160 kg/ha/MT, dan menghasilkan berat gabah panen 5,9 ton/ha, sehingga dapat dipertimbangkan sebagai acuan untuk pemupukan pada tanaman padi.